

論概學林

第二分冊

В.Г. 聶斯切洛夫著

3-6 章



中國林業出版社

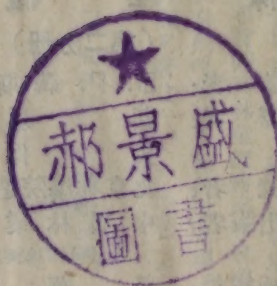
林業科學叢書

林學概論

第二分冊

著者：B. Γ. 聶斯切洛夫
譯者：蔡以純
吳保羣
校者：北京林學院造林教研組

一九五三年六月廿五日



中國林業出版社

一九五三年·北京

中科院植物所图书馆



S0021712

6116753

林學雜誌

第二卷

第一號

卷之二



南京

25-2113

前言

這本林學概論，原名 *Oбщие сведения*，係蘇聯 B. I. Нечепов 教授著，國家林業造紙社出版（一九四九年在莫斯科與列寧格勒同時出版），經蘇聯高等教育部推薦為林業技術與林業經濟高等學校的教本。全書計六百六十餘頁。係以蘇聯社會主義林業工作的豐富先進經驗與米丘林的唯物生物科學原理，闡述蘇聯的先進的林業科學，並批判資本主義的陳腐的林業學說，成為蘇聯林業方面名著之一。一九五二年獲得了斯大林獎金。

該書撫育、防火、森林概念等章，已於一九五二年五月起在「中國林業」上陸續發表。現本書大半已譯完，譯本分六冊出版，其簡單內容如下：

第一分冊：總論，包括原書緒論，第一章及第二章；

第二分冊：森林生態，包括原書第三章到第六章；

第三分冊：森林更新，發育及林型，包括原書第七章到第十章；

第四分冊：森林培育，包括原書第十一章到第十三章；

第五分冊：主伐，包括原書第十四、十五兩章；

第六分冊：森林火災及森林副業，包括原書第十六、十七兩章。

原書各章均附有關該章的參考文獻，因為這些文獻大部尚無中文譯本，所以把這一部分刪去。我們對新的林業理論學習不夠，又限於業務水平，錯誤在所難免，希望讀者多加指導。

В. Г. НЕСТЕРОВ
(ПРОФ. ДОКТОР С-Х. НАУК)

ОБЩЕЕ ЛЕСОВОДСТВО

ГОСЛЕСБУМИЗДАТ
МОСКВА. 1949. ЛЕНИНГРАД

(II)

★ 版權 所有 ★

林 學 概 論

(第二分冊)

著 者: В. Г. 聶 斯 切 洛 夫
譯 者: 蔡 以 純
吳 保 羣

校 者: 北京林學院造林教研組

出版者: 中國林業出版社

北京東四牌樓六條胡同

總經售: 新 華 書 店

印刷者: 中央稅總印刷廠

東 郊 八 王 坎

1953年6月初版

定價7,200

1—6,000(京)

一
九
五
三
年
六
月
廿
五
日

5253113

林學概論 第二分冊目錄

第三章

森林與土壤

(一)

森林是形成灰壤土的原因同時也是灰壤土的結果

(一)

森林、森林落葉層及土壤腐殖質

(五)

森林與母岩

(一二)

森林土壤綜合吸收物的意義

(二一)

森林及其營養元素

(二二)

真菌與喬灌木間的共生現象及在林業上的應用

(三七)

第四章

森林與大氣

(四一)

森林與空氣的成分

(四一)

森林與大氣電

(四四)

森林與風

(四四)

森林與光

(五一)

森林與熱量

(六二)

森林與水分

(六六)

第五章

森林與動物

(一〇六)

森林與原生動物

(一〇六)

森林與蠕蟲動物

(一〇八)

森林與軟體動物

(一〇)

森林與節足動物

(一一〇)

森林與兩棲類及爬蟲類

(一二三)

第三章 森林與土壤

森林是形成灰壤土的原因同時也是灰壤土的結果

植物是處在與土壤不斷的互相作用中，森林社會形成森林灰壤土而森林社會本身就是森林灰壤土上森林植物的一種結果和一種反映。土壤決定着森林的各種特性：森林的組成、地位級、林型，因此也就要決定着森林的更新、生長、發育及死亡。而森林也要限制土壤形成過程的類型例如土壤中有機體的增加及減少，土壤的構造，無機物的儲蓄量，溫度，濕度及通氣情況。可見森林是形成灰壤土的原因同時也是結果。

因此林學家必須要了解土壤與森林互相作用的規律性。只有這樣才能够合理的控制着森林更新與培育的步驟，才能够提高森林對自然界不良影響的抵抗力。換句話說林學家必須要全面地看到森林的培育過程。

當我們研究森林與土壤的互相作用時，首先就應該以我們土壤科學上的創立者們的工作爲基礎，像朵顧查也夫，柯斯對且夫，威廉士；以及其他林學家及林業土壤學家像維索茨基，特卡泰柯，士解巴洛夫，波格涅伯梁克，久尼英的工作爲基礎。

像朵顧查也夫所指出的土壤是一種自然體，它是由地殼的表層在大氣、母岩、地形、植物、動物，地殼的年齡等的作用下所形成的。

在土壤形成的因子中，威廉士院士認爲植物是有決定性的意義的，他指出綠色的高等植物像喬木、灌木、灌木、草類、蕨類、苔類都是有機物的來源，死的根葉莖就成爲土壤的組成，非綠色的

第六章

森林與鳥類.....	(一一三)
森林與哺乳動物.....	(一一五)
森林內的活地被物.....	(一一九)
活地被物的一般概念.....	(一一九)
活地被物爲森林立地環境的指示植物.....	(一二三)
活地被物與立木特性間的依存性.....	(一四一)
活地被物對土壤及大氣的影響.....	(一四一)
活地被物在森林更新及發育中的作用.....	(一四三)

威廉士偉大的功績就在於他創出了土壤的統一形成作用學說。在土壤的形成作用中森林以及與森林相適應的灰壤土都是其中的一環。威廉士說道『在木本植物社群的林冠下，進行着改變母岩特性的作用，此種作用就叫做灰壤化作用，這一作用應該看作是土壤統一形成作用的一個時期』。

就是在黑鈣土上森林也可以很快的使它退化。過去M. E. 特卡欽柯教授在奧爾羅夫斯基州摩好沃門區所進行的研究，就指出種過橡樹三十二年的田地黑鈣土，就灰化成爲帶有少量腐殖質的森林灰化土。大家知道灰壤土都是有很厚一層落葉的即所謂森林落葉層(A₀)。在下面分佈着顏色黑暗的所謂腐植質沖積層(A₁)，再到下面爲灰白色及淡白色的洗出平際，從這裏起營養物質受到極度淋溶和沖刷，以至土壤幾乎(96%)全成爲與草木灰相似的粉狀構造的砂土了。再在下面爲棕色不堅硬的核桃狀構造的洗入平際(這一平際通常再劃分爲B₁及B₂亞平際)，鹽類洗入這一平際，有時就形成堅硬的棕色的甚至黑色的礦物層，叫做Рудяковий-горизонт、硬盤層、ортзанд、жерства。有時形成爲灰色的潛水粘灰層(水分非常充足)。再下面的就是母岩層(C)。

灰壤土呈酸性反應。在民間由於這種土壤是淡色的所以常常叫做大白鱗魚、白兔、牛酪漿、亞麻色土壤、灰燼、錫及灰壤土。

朵顧查也夫主張土壤的定義爲歷史自然物。威廉士補充了這一定義，認爲土壤爲一種勞動的對象及生產的手段，人類可以按照自己的願望加以根本改變。這一原理不但對農學家而且對林學家都是同等重要的。

當正確的影響土壤時，就可以提高土壤的肥沃性，就可以增加林木及農作物的產量。威廉士證明耕種過幾年後的土壤就要降低產量，其原因不僅是因爲土壤營養物質耗減了而也是由於土壤

低等植物像真菌、細菌都可以分解這種有機物使他變成所謂腐植質土(Тепершая почва)或腐植質(Гумус)。但當土壤是由那種母岩或灰泥石或參有那種母岩或灰泥石形成時，那末這種土壤中就留有它們的痕跡。

按威廉士院士的理論，不同的植物社羣，要決定不同的土壤類型。因此無論是植物社羣或土壤類型都是整個土壤形成過程許多環節中的一些環節，或許多階段中的一些階段，而這些環節或階段又都是隨時間或空間而由一個轉換到另一個的。

威廉士將植物社羣及土壤形成的時期分爲四種：

I、森林植物與土壤形成過程中的灰壤時期：在這個時期木本植物及菌的區系(譯註：這裏菌的區系包括真菌，輻射狀菌和嫌氣細菌)是具有決定性意義的。木本植物可構成含有單寧的有機物，菌的區系可保證有機物的分解。

II、草原植物及土壤形成過程中的草泥土時期：這種植物與時期由兩個因子來決定：

① 在深秋前就能產生大量有機物的草原土草本植物的多少，

② 在空氣不足情況下能分解有機物的嫌氣細菌的是否存在(由於草泥土是堅厚的及緊密的緣故)。

III、草原植物及土壤形成過程中的草原時期：其特徵爲有草原草本植物以及好氣細菌，此種草本植物還在夏天就死去，當在空氣充分的情形下，好氣細菌就分解這種草本植物。

IV、沙漠植物及土壤形成過程中的沙漠時期：在這一時期發育着組成有機物的化性細菌及藻類，以及分解這種有機物的各種細菌和真菌。

這些植物社羣以及土壤類型都能由一種轉變爲另一種。

草田輪作制規定要用適合一定地區環境的優良品種的種子進行播種，要進行田地精耕，要實行施肥及發展農田灌溉。

草田輪作制的主要原理就在於要完全地及在各方面都在林學上利用。只有從積極影響自然界的觀點出發，這一原理才能利用的對經濟上有利：森林是灰壤土的創造者，而也是灰壤土的結果。根據威廉士的學說，森林與土壤的相互作用是可以改變的，且可以按照林業利益的方向加以改變的。

森林、森林落葉層及土壤腐殖質

自森林上落下的葉子、針葉、小枝、死的種子、樹皮、整個樹幹以及枯草與森林動物的屍體，在土壤表面組成一種有機物遺落層，通常稱為森林死地被物或死覆蓋層。森林死地被物在森林生命中有重大意義的，舉凡土壤的構造、腐殖質（腐殖質土）和礦物質的積聚、土壤的化學性、土壤的物理——機械性、以及土壤中的生物作用都要看森林死地被物怎樣來決定。除了森林死地被物以外，在土壤中還積有死的根及動物的屍體等大量有機物，這些積聚物對土壤的形成也都有很大的意義。

森林中森林死地被物的積聚情況如何要由兩個因子來決定，①森林的特性：組成、外形、年齡、密度、林況，②環境的特性：溫度、濕度、通氣等等。

依Г.Ф.莫洛作夫的材料，在大阿那道爾地區的森林中，每公頃的森林死地被物為6,000到15,000公斤，施坡夫森林的橡林的粘質壤土上，每公頃為6,100公斤，在鹽碱土上每公頃為3,100公斤。

在蘇聯觀察森林落葉層規模最大及時期最長的，是蒂米里亞席夫農學院H. C. 聶斯切洛夫教授及Г. P. 愛津根教授在學校林場中所作的觀察，其觀察所得的材料如第五表：

的構造破壞到了這樣的程度，即粉狀構造代替了團粒構造，土壤構造由於每年的耕耙以及土壤中有機物大量的分解就會漸漸破壞。

在粉狀構造的土壤中，其水的、溫度的、與通氣的狀況都要變壞，有害的細菌就要發生而有益的真菌反要減少，所以威廉士研究出了能行起土壤構造向有利方向改變的植物輪作法，以便恢復及提高土壤肥沃性。這一方法威廉士稱為草田輪作制。當實行草田輪作制時，每一塊種一年生農作物（黑麥、小麥等）的田地，在經過六到八年的耕種後，都要混合播種兩到三年的多年生禾本科及豆科牧草。這些牧草有大量的根系，在兩三年中就能聚積大量的有機物（草泥塊），這樣就可以恢復土壤的構造，重新栽培農作物。

而在草原土上情況就相反，這裏積聚着過多不易腐爛的有機物，幾年之後就是雜草的生長也要顯着的變劣。在這樣地區威廉士建議每經過四到八年之後，就進行一次複耕，並種兩三年生的農作物，以便使已積聚的大量植物殘體得以腐爛。在農作物生長不好的草原地區的分水嶺上，威廉士建議營造農田防護森林，這裏森林可以阻風積雪，減小田地表面的流水，改善田地上溫度狀況並促進益鳥的繁殖。

因此當推行草田輪作制時，要分為下面三種顯著不同的類別：

1. 將平原及坡地劃分為種植主要農作物如小麥、黑麥、大麥、燕麥、黍等之用，但也要周期的有一個短期間混種各種牧草。這種植物的更替叫做「草田輪作」。

2. 劃分為種植牧草及作為草地的低地，要有一個短期間用一年生的農作物來更替，這種植物的更替叫做「飼料輪作」。

3. 將各分水嶺高地用為營造「農田防護林」。

根據上述土壤地被物類型的不同，土壤地被物的總量要超過到每年落葉量的九倍，十一倍，四十三倍及十一倍。

H. H. 斯切潘諾夫教授指出，各種喬灌木樹種的落葉當用水來浸漬時，可以得到各種化學物質。他對錦雞兒的估價很高，自錦雞兒的葉子中很容易浸漬出有用的石灰，而錦雞兒的根又有根瘤菌可以固定氮素。同樣斯切潘諾夫也非常重視接骨木、榛樹，認為由它們可得到石灰。

雲杉的針葉在乾枯後仍不改變其外形，成為一種分解不好的很緊實的死地被物。而落下的松樹針葉乾枯後則捲曲甚烈，而產生一種疏鬆的分解良好的死地被物。因此雲杉的腐殖質常常是酸性的，而松樹的腐殖質則可能成為中性的。

森林的組成由於能改變森林地被物中的小氣候，所以要影響到森林死地被物的積聚與分解。耐陰樹種常阻擋住溫度，因此要使森林死地被物的分解作用大量減低。陽性樹種內有足夠的溫度，所以森林死地被物的分解也進行得很快。

森林的外形、年齡、密度、林況，會使森林死地被物的積聚與分解受到重大的改變，這些因子影響到森林死地被物的質與量，同時也影響到森林死地被物形成與分解的環境。就是氣候與土壤由於溫度及水分的充足或者不足以及通氣的情況，也都可能改變森林死地被物的積聚及分解作用。因此森林死地被物的分解在一些情況下可能進行的很快很徹底而成為中性反應，而在另一些情況下則進行的很弱不徹底成為酸性反應及積聚成泥炭質。

「腐殖質土或腐殖質——這是有機物與無機物相結合的綜合物，它是由森林落葉層經微生物的作用而成的。」

遠在十八世紀俄羅斯學者 M. B. 羅蒙諾索夫就將腐殖質分為兩種：貧瘠的腐殖質，針葉林

第五表：森林中死地被物的積聚量（空氣乾燥情況下每公頃公担數）

年 份	40—68年 的松樹林	85—113年 的松樹樺 木混交林	45—68年 的雲杉林
1910	40.9	30.5	—
1911	40.8	37.0	—
1912	40.9	45.3	—
1913	53.7	47.1	—
1914	37.3	53.3	—
1915	34.9	44.7	—
1916	33.9	35.6	56.4
1917	46.3	41.3	99.4
1918	38.6	39.6	70.1
1919	31.2	37.7	50.6
1920	40.0	49.8	95.3
1921	31.5	50.4	59.8
1922	43.9	41.2	62.2
1923	54.7	57.2	80.6
1924	47.6	49.0	80.1
1925	47.1	47.0	63.5
1926	37.0	48.3	70.5
1927	20.8	52.8	88.8
1928	24.9	23.2	45.3
1929	42.0	48.1	54.0
1930	32.0	38.6	31.9
1931	27.1	24.1	37.9
1932	50.8	51.6	78.4
1933	42.0	39.0	57.2
1934	42.0	35.0	53.0
1935	37.4	36.1	41.4
1936	35.1	42.6	59.2
1937	35.7	35.3	43.9
1938	29.2	26.7	51.0
平均數	35.6	41.0	62.2

第五表的材料證明了森林落葉數量的多少是因樹種不同而不同的，愈耐陰的葉子生長愈密的樹種，則落葉愈多。闊葉樹種的每年落葉量，自葉子最多到葉子最少的次序如下：1 水青岡 2 千金榆 3 椴樹 4 楓樹 5 赤楊 6 榆樹 7 橡樹 8 蠟木 9 山楊 10 白樺。

針葉樹種的次序如下：1 冷杉 2 雲杉 3 紅松 4 松樹 5 落葉松。

森林死地被物的分解與積聚同樣也是依樹種不同而決定的，因為由不同樹種所產生的死地被物的化學組成也不同，因此在地面下如何形成的亦不同。

按布良斯基林學院研究生 M. П. 緬德維解夫的觀察，在松林中各種不同類型的地被物情況下，所得到的死地被物（帶有苔類的）總量（每公頃噸數）如下：（在空氣乾燥的情況下）地衣苔類的……四七·〇，越橘的……七十二·四，烏飯樹的（*Vaccinium myrtillus*）二百一十·〇，榛樹下木的……八十七·〇。

種叫做「惡化土壤的樹種」。例如蜡木、楓樹、榆、赤楊、樺木、落葉松、多半形成柔軟的腐殖質。常綠的針葉樹形成粗糙的腐殖質。其他像橡樹、水青岡、山楊則可以形成種類不同的腐殖質。通常陽性樹總是形成柔軟的腐殖質，而陰性樹總是形成粗糙的腐殖質。

將樹種區分為改良土壤的及惡化土壤的是有一定條件的，因為樹種對土壤所起的作用還要按土壤本身情況，氣候及樹種混交情況而不同。

土壤內的濕度，溫度及通氣性，進而到石灰含量，若是適量的則有利於形成柔軟的腐殖質。但若濕度溫度過多或過少，通氣不良都要引起形成為粗糙的腐殖質。例如橡樹在肥沃的森林砂質粘土中，這裏通常石灰是充足的，就形成柔軟的腐殖質；而在貧瘦的砂性土中則就形成過渡性的腐殖質。一般說來，當橡樹與白蠟及楓樹相混交時，則就要形成柔軟的腐殖質，當與山楊相混交時則就要形成過渡性的腐殖質。

松樹在石灰充足的土壤及白堊土中通常都是形成過渡性的腐殖質，而在潮濕的砂土中則形成的都是粗糙的腐殖質。松樹與樺木當為單純林時，有時候就形成粗糙的腐殖質；而在同樣的情況下若是混交的時，則形成柔軟的腐殖質，這是因為針葉與闊葉相混合成層後，使得成為良好的森林死地被物層，便於起正常的分解。若雲杉與山楊單獨生長時，則一般都是只形成粗糙的腐殖質，混交後就可以形成柔軟的腐殖質。在生長雲杉的土壤上，山楊成為改良土壤的樹種，而在生長橡樹的土壤上，山楊就成惡化土壤的樹種。

森林落葉層及腐殖質土在林業上的意義是很大的，也是多方面的。正如以上所說的腐殖質為土壤中天然肥料的來源。腐殖質可以補充土壤中失去的肥分，把森林吸收的養分還給土壤，腐殖質分解的過程決定着這些營養物質的形式及其是否適合於森林的重新利用。腐殖質是一種糊狀物

多半屬於這一種；黑色的肥沃的腐殖質，闊葉林多半屬於這一種。

自上一世紀初期以來，我國許多林學家就將腐殖質分為兩種：柔軟的或中性的，粗糙的或酸性的。

柔軟的或中性的腐殖質，是分解充分的樹木殘骸的綜合物，也就是土壤表層的鬆軟部分，有大量的細菌、軟體動物及少量菌絲；柔軟的腐殖質為中性或弱酸性反應，含有非常豐富的營養物。

粗糙的或酸性的腐殖質是分解不良的林木殘體，並帶有未分解的枝葉部分的充滿着菌絲的綜合物。在這種腐殖質中細菌及軟體動物都很少，營養物質的含量也很少，為酸性反應。柔軟腐殖質的森林死地被物與下面一層土壤間的界限不明顯，但在粗糙的腐殖質中，這種界限則可以清楚分出。

在柔軟的腐殖質土壤中，軟體動物的數量每公頃可達一百萬到五百萬，一公分重的土壤中細菌有三千五百萬。但在粗糙的腐殖質中軟體動物每公頃僅有十萬到二十萬，每一公分重土壤中細菌亦僅有一百三十萬（伏依特蓋維契，魏諾格拉道夫，澤拉什夫斯基）。

柔軟的腐殖質中，通常酸度為 $\text{pH} 6.0-6.5$ ，酸度範圍為 $4.5-7.5$ 。而粗糙的腐殖質，其酸度可達到 $\text{pH} 4.0$ ，普通是 $3.0-3.5$ ，有時還要到 2.5 。

關於柔軟的與粗糙的腐殖質其所含養分上的差異可由炭與氮的比率不同來決定。這種方法為И.В.久林教授及В.В.波諾馬涅瓦教授研究出來的。根據他們的材料，在柔軟腐殖質中的比率較低，而在粗糙的腐殖質中比率較高。例如：在雲杉——酢漿草林中，即是在柔軟的腐殖質中，這一比率在土壤的上層即 A_1 層為20，其下面的 A_2B_1 層為8。在雲杉——烏飯樹林中，即在粗糙的腐殖質中，其炭氮的比率在 A_1 層為27，在 A_2B_1 層為14.6。

多半能形成柔軟的腐殖質的樹種叫做「改良土壤的樹種」，多半能形成粗糙的腐殖質的樹

大多數時候都會死去。在這種情況下就要採取各種措施改良腐殖質，使由粗糙的轉變成柔軟的，例如對雲杉、冷杉進行疏伐，並混交闊葉樹種，在沼澤地開溝。以便能大大地促進森林更新作用。

由於腐殖質和死地被物改變着土壤的化學及物理特性、鹽分、濕度、通氣及溫度情況，所以有時形成柔軟的，有時形成粗糙的，有時却又形成各種中間的過渡形式的腐殖質，因此在腐殖質和死地被物的影響下，森林的生長及發育也都在改變着。在柔軟的腐殖質條件下，森林的生長最快，生長量最高，而在粗糙的腐殖質中，則生長較慢，生長量較低。但是也不能孤立的去研究腐殖質的作用，就認為不同的森林生長情況就是不同的腐殖質的結果。不應該忘記這一種或那一種形式的腐殖質，其本身也就是樹種、森林的各種特性總和的結果，以及是一定的氣候、地區、土壤的結果。因此這種情況也是可能的，當一般的規律被破壞時，就是在柔軟的腐殖質內森林的生長量也都是低的，而在粗糙的腐殖質內反是高的。例如，假使樹種、氣候、土表的情況都可以幫助形成柔軟腐殖質，只是土層很薄，譬如說在花崗岩上，土層的厚度只有20—40公分，那末林木的生長就表現的很弱，而生長量也就很低。這在烏拉爾、阿爾泰、撒雅英、高加索帕米爾等山地常有這種情形。假如在過去由於土壤過分潮濕而形成一層很厚的粗糙的腐殖質而現在土壤已經有許多條排水溝，那末林木的生長與發育就會是很快的。在這樣情況下，若由土壤活地被物來看，是生產量低的一種林型，例如潮濕的松林(A. 松樹——長壽苔林)；但土壤的條件實際上的則已經是屬於生長量高的另一種林型，例如為潮濕的疏鬆砂土闊葉混交松林(B. 松樹——乍漿草Oxalis, L. 林)。已經開水溝的沼澤地針葉林中，就會看到有這種現象。在這樣地區，通常土壤地被物與新型的森林立地環境，已經不相適應。這種情況也就說明有時候，活地被物例外地也會不反應實際立地情形，即不能反應實際的林型。這些活地被物所反應的祇是它們自己的立地情況，而不是整個森林的立地情況。

質，它可以促進土壤成爲團粒構造。由於腐殖質的類型不同，土壤構造的堅固性也就不同。土壤學家像給得勞益茨及威廉士都指出，腐殖質的微粒若帶有一價陽性離子的鉀、鈉或是銨時，則容易在水中散開，而使土壤構造消失，若腐殖質的微粒帶有兩價的陽離子特別是鈣時，則在水中不分散，而土壤就可以成爲麥粒大小的團粒保持成良好的構造。

由腐殖質的性質就可預定土壤的酸度。由腐殖質的種類就可以說明土壤微生物是否豐富，土壤中的蚯蚓是否稠密，是否有菌絲。土壤中的水分、空氣及溫度情況如何，也都要由森林落葉層及腐殖質的情況來決定。不論那一種腐殖質都含有許多水分，但柔軟的腐殖質幫助水分向土壤裏面滲入，而粗糙的腐殖質，只其本身吸着水分，因此使部分水分沿地表面流失。每一種腐殖質都可以使土壤內水分難於蒸發；而且只要不是沼澤化，那末所含的空氣總比別種土壤來得多。

森林腐殖質的溫度變化是不大的，因爲腐殖質及空氣都是不良的導溫體。除此以外，充滿着水及空氣的腐殖質，其熱容量是很大的。無論是晝夜之間或一年之間有死地被物層要比沒有時，腐殖質內溫度的振幅要小的多。

因此森林死地被物及森林腐殖質都嚴重地影響着森林的整個一生，包括森林的更新、生長、發育、衰老及死亡。

死地被物及森林腐殖質多半是直接地影響到森林的更新、因爲種子就是在這樣的環境中發芽、生根、長成幼苗及發育成幼樹。柔軟腐殖質是種子發芽的優良處所，種子在柔軟腐殖質中，可以找到優良的發育環境。幼苗能很好的生根、發育，幼樹也就顯得成活可靠。

在粗糙的腐殖質條件下、初發芽的種子就好像是在沒有分解的死地被物上「懸掛着」的一樣。幼芽常常不能伸出死地被物，根部也不能達到土壤中的礦物層去。這種幼苗呈萎弱而受壓的形狀，在

養物質，母岩確定土壤的機械組成，由此也就要規定好土壤的構造、濕度、通氣及溫度情況，因此母岩就要影響到森林中的生物。

松樹適於在砂質沖積土上生長。在各個地質時期所生成的粘土及石灰粘土上，在南部適於發育成橡樹林，在北部適於發育成雲杉林。砂土與粘土的混合土上，無論是混合極勻的或是成層的都適於發育成松橡混交林及松樹雲杉混交林。地面下若有一層石灰層，這就是最適合落葉松林發育的環境。

位於古比雪夫及契卡洛夫州草原上的有名的布佐羅克松林，其分布在包洛夫河沖積而成同時被風積而成的深厚的砂層中的，均為各種乾燥砂土松林，就好像規律一樣，這都是單純林，祇有少數與樺木混交。若分佈在貧瘦的砂土或砂質土壤，土壤表層下面為彩色的含有大量礦物質的石灰粘土的包洛夫河的另一岸的，則均是疏鬆砂土闊葉混交松林，即為與橡樹及其他適合於這些區域樹種的混交松林。在上述各個不同種類的松林內，又有各種林型，這些林型也就主要由於各種不同岩層的厚度及成層時的性質與種類不同而產生的。

在薩蘇里按地質學家П. А. 奧索斯考夫的研究，在由河流沖積成的厚砂地中，分布着純松林，而在下白堊紀及侏羅紀發生的石灰粘土及粘土上則分布着混有椴樹、榆樹、楓及其他樹種的混交橡林。

在有名的布良斯基大森林中，在砂質土壤上生長着純松林，在含有大量磷鉀的具有海綠石間層的砂土中，則為松樹雲杉混交林，在白堊土中則為雲杉闊葉樹混交林。在這些地區在陰性樹雲杉的林冠之下，就分布着較喜陽光的楓、椴、榆。

根據中. П. 西蒙的材料，在奧伯施，瑟特森林中，在下層為石灰岩的輕鬆粘土上，分布的為松樹與白樺的混交林，而在深色粘土上則為尖葉楓與椴樹的混交林。

森林的成熟、生長的停止、採伐的適期甚至到死亡都是與森林死地被物及森林腐殖質的種類有緊密的關係。

在柔軟的腐殖質中，森林生長的時間長、速度快、可以得到巨大的木材，採伐的年齡也可以很高，林木的死亡及衰退也都會很慢。

在粗糙的腐殖質內森林衰老的很快。如果不主動地改變這種腐殖質的性質，那末生長出巨大的木材是不可能的，採伐的年齡也不可能很高。例如在第Ⅰ地位級土壤內的松林，可以生長到120—140年，以後生長就要開始減慢，直到300—350年這種森林才告死亡。但在第Ⅴ地位級土壤內的松樹森林，50—80年以後，就停止生長了，而死亡也要比較早。

林學家要學會調節森林落葉層、森林腐殖質的積聚與分解作用。他可以用下述的方法，來改變粗糙的腐殖質：

1. 爲着使粗糙腐殖質能很快的分解，可用燒燬植株的遺體法或者將遺體與土壤中無機物相混合法（機械翻耕法）；當有很厚的腐殖質層時，要自森林中運去一部分；在特殊有價值的地區應該利用當地石灰礦對土壤加施石灰。

2. 營造一系列的喬灌木混交林，對已有的單純林要用不同種的喬灌木樹種加以混交。

3. 在森林撫育採伐時，要疏伐到足以增強粗糙腐殖質分解的程度。

4. 確定主伐方式時，要考慮到由此而引起的小區域氣候及土壤的改變，同時還要注意到，森林的疏伐愈烈，則粗糙腐殖質分解愈快。

森林與母岩

「土壤爲由母岩生成的，土壤的重要性狀主要也是由母岩決定的。」母岩本身儲蓄有一定的營

土壤的機械組成對森林的影響，主要由母岩決定，因為岩石事先就決定了土壤的機械組成。

土壤的機械成分，按威廉士的分法是分為：石頭、砂礫、細砂、泥砂及粘土。石頭 Камень 為直徑在20公厘以上的小粒，砂礫 Хряпыш 直徑為3到10公厘的小粒，細砂 Песок 直徑為0.01到3公厘，泥砂 (Глисть) 為0.001到0.01公厘，粘土 (Глина) 為小於0.001公厘的小粒。

西伯爾茨夫根據機械組成將土壤劃分為以下幾種類型：（細砂大於0.001公厘，粘土為小於0.001公厘。）

種類	砂泥與土的比率	
	粘粒	砂粒
砂土	$\frac{1}{15}$	$\frac{1}{50}$
輕砂質粘土	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{6}$
重砂質粘土	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{4}$
砂性土壤	$\frac{1}{7}$	$\frac{1}{10}$
粘土	$\frac{1}{1}$	$\frac{1}{20}$

土粒為二到二十公厘時，通常均叫做砂礫。事實上這些類型的土壤，根據機械的組成，還可區別為下列的特性：

：砂礫在任何濕度都為撒開的；

粗砂粒在潮濕情況下可以團結成團；

砂性土壤在潮濕情況下可以團成小球；

砂質粘土在潮濕情況下可以搓成易折斷的條線；

粘土在潮濕情況可以搓成紆細的靈活易彎的綫條。土壤的機械組成要決定土壤的肥沃性和土壤中發生的化學的、物理的、生物的作用的特性，因此也就要決定着林型。其他

像森林的組成、更新、生長、發育、對不良影響的抵抗性、果實成熟性、成熟及衰老、死亡也都決定於土壤的機械組成。因此根據在我們領導下的布佐魯克松林探險隊的研究證明，不同的土壤機械組成就規定了為不同林型的松林，如第六表：（И. Б. 久林，及В. Д. 薩衣澤夫的材料）

由表六中可以清楚的看到，林型不同，土壤的機械組成也不同：在松林中大的土粒多，潮潤砂土闊葉混交松林中，則小的土粒多。

在烏拉爾微耳和吐爾斯基區，根據H. K. 維索茨基的研究，在含有55%鎂的橄欖岩地區分布的爲單純的橡林；在含有19.5%石灰的Диалоговая порода上分布的爲松樹與落葉松混交林；在含有11.5%鋁4%錫矽4%鐵的板岩中生長着的就爲雲杉與冷杉混交林；在含有22%鋁4%鐵的飛白岩和閃綠岩相混和的地層中，則爲西伯利亞紅松。

在沃龍涅什州的施坡夫森林中，按莫洛作夫、格拉夫欽斯基及斯切潘諾夫的材料，在退化的黑鈣土或粘重的砂質粘土上分布的爲生產量高的白蜡橡樹混交林，白蜡爲很厚的上層林，橡樹爲很厚的第二層林。而在淺色的森林砂質粘土中，則上層林即爲橡樹，白蜡在這裏發育的較慢但林木仍是發育的很好。在柱狀碱土的砂質粘土上的爲生長量小的沒有白蜡的橡林，而在柱狀碱土上的則爲彎曲的價值低的純橡林。在沖積性的砂地上則爲混有山楊、赤楊發育良好的橡林。

特加泰柯教授在歐洲的北部觀察到出現有石灰岩時，就出現有混有落葉松的松林，在由冰河而造成的砂地上發育的都是純松林，在砂質粘土上則爲松樹、雲杉、落葉松的混交林。假如在這些土壤的底層爲石灰岩時，則林木的生長量就會是很高的。

因此，可以這樣說：「森林是直接間接的依靠母岩來決定的」。森林首先是依靠岩石的化學本性，例如含有磷、鉀、錳、鋁、石灰等多少而決定的，進而也依靠母岩的機械組成，例如母岩的砂質或粘質構造來決定的。

各種不同的化學物質的含量應該不僅作爲幫助森林生長的因子來看，有時也應作爲有毒的因子（例如：鋁、氧化鈉）來看，而對機械組成，要作爲能使砂土改良成粘土的土壤總肥力的最重要的基礎來看。通常在砂土上的總是松樹林，在砂性土壤上的總是松樹雲杉、松樹橡樹混交林及落葉松林，在砂質粘土及粘土上的總是橡樹與闊葉樹混交林、水青岡林、雲杉林及冷杉林。

與加列夫在列寧格勒州研究各種林型松林的土壤機械組成，所得的材料列如第七表：

第七表 帕爾梁洛夫松林土壤的機械組成表

林型 名稱	土層	機 械 組 成 (各種直徑的土粒所佔的百分數)						
		3公厘	3—2	2—1	1—0.25	0.25— 0.05	0.05— 0.01	0.01
乾燥砂土松林Ⅳ地位級	A ₂	2.92	5.55	20.33	61.41	4.98	0.89	3.32
	B ₁	6.53	14.46	35.93	41.14	1.08	0.21	0.65
	B ₂	2.86	10.15	20.00	38.70	1.85	0.30	0.40
	C	0.15	0.29	5.04	87.26	6.85	0.41	—
潮潤砂土松林Ⅲ地位級	A ₂	0.36	0.44	2.81	81.46	10.84	1.44	2.65
	B ₁	1.22	1.56	5.77	78.64	7.09	1.60	4.12
	B ₂	—	0.32	0.42	79.83	15.20	2.01	8.22
	C	—	0.66	2.65	94.92	1.53	0.24	—
潮濕的松林Ⅲ地位級	A ₂	0.10	0.11	0.59	29.50	51.86	12.40	4.44
	B ₁	0.03	0.16	0.41	30.07	53.67	11.68	3.98
	B ₂	—	0.93	3.13	25.43	63.00	5.81	1.70
	C	—	0.09	0.15	19.70	77.07	2.99	—

由第七表我們比較地可以看出，在松林中土壤的機械組成相同的，則土壤肥力亦均相同；但濕度不同。當由乾燥砂土松林向潮濕砂土松林轉變時，泥砂粒與粘土粒也要有某些增多，像波格列布梁克院士所注意到的，根部所達到的土層（根的範圍）厚度也要變淺的。

第六表

布佐魯克松林內土壤的機械組成表

林型的 名稱	土 壤 層	土層的深度 公 分	機 械 組 成 (各類大小直徑土粒所佔的百分數)			
			大 於 0.25公厘	0.25— 0.05公厘	0.05— 0.01公厘	小 於 0.01公厘
淡灰色砂丘、 高地上的松林 (乾燥砂土松 林)	A	2— 10	65.90	27.16	0.52	6.42
	A—B	10— 20	70.78	25.45	0.59	3.18
	B	30— 40	58.82	38.02	0.29	2.87
	C	90—100	66.70	31.44	0.25	1.61
	C	150—160	74.92	23.53	0.11	1.44
暗灰色砂土上 的松林(潮潤 砂土松林)	A	2— 10	45.76	44.48	1.97	8.25
	A—B	10—20	41.57	52.48	1.21	5.3
	B	30—40	51.00	45.57	0.55	3.09
	C	90—100	52.61	46.29	0.19	1.55
	C	150—160	59.83	39.33	0.31	1.5

解在自然界中，純松林生長在砂質粘土中的情況。因為純松林，好像就是只有砂地才適合其特性的，但是我們還是見到在砂質粘土上生長着松林。問題就在於這些極細的砂質粘土是在山坡上的（例如克里米亞及高加索的松林土壤）。在這種土壤中，由於土層很薄，同時由於還充滿着土壤的骨骼（石頭，砂礫，砂子），因此在1—3公尺深土層內，所含有細粒土的數量就同砂土所含的差不多。這就是為什麼在這種細粒黏土上能生長松樹，而不是生長對土壤要求嚴格的樹種的道理。

還有相反的現象，在砂土上還可以很好的生長着要求嚴格的樹種，像橡樹、椴樹、楓樹。在這種情況，就表明在砂層下面，根的分佈範圍內，有着很肥沃的地質沖積土像砂性土壤、砂質粘土及粘土。這些富有粘土微粒的岩層距地面愈近，則土壤愈肥沃。

威廉士院士的各個肥沃因子（地上的地下的）同等重要的學說，對於森林學家是非常重要的。由地下的因子，像植物所需要的礦物營養料與水分的多少，就可說明土壤的肥沃性。這些因子的作用及同等重要性已為優秀的俄羅斯的林型學家們所公認。在1931年謝列布林尼克就是按兩個「性狀」來進行北部森林有名的分類：①反應土壤營養物數量上的主要樹種（在瘦土上的為松樹，在肥沃土壤上為雲杉等等）。②潮濕程度即土壤中水分的數量。

在蘇維埃時代第一個研究分類法的森林學家及林型學家是E. B. 阿列克謝伊教授及П. С. 波格列布梁克院士。這種分類法是利用坐標表來表示的。各種各樣的天然林都按其礦物營養物（土壤的肥度即土壤內化學性的肥分）及水分（土壤內水分的分量），依數量的增減相關性安置在坐標表上。這種分類法如第九表。

按波格列布涅克方法的土壤分類法，是根據植物（喬木、草類及苔類地被物）的組成與生

俄羅斯的林學者特別是П. П. 謝列布林尼克, П. Ф. 莫洛作夫, А. А. 克留結涅爾, Е. В. 阿列克謝伊等, 對天然林的生產量與土壤的機械組成間的依屬性曾從各方面及非常深刻的加以研究。由上述各森林學者所獲得的, 林型對土壤的機械組成的依屬性的實例, 列如第八表:

第八表 林型與土壤機械組成間依屬性表

土壤機械組成	林型	林種
砂土	松林	松樹與樺木
輕砂性土	疏鬆砂土闊葉混交松林 (混交松林)	松樹與樺木, 雲杉(北部) 松樹與樺木, 橡樹(南部)
中砂性土和重砂性土	疏鬆砂土多種闊葉混交松林 (砂質粘土大量闊葉混交 雲杉林及乾燥闊葉林)	松樹, 樺木, 雲杉(北部及中部) 橡樹(南部) 椴樹, 千金櫟, 尖葉風及其他樹種(在各適應地帶)。
砂質粘土及粘土	粘土闊葉混交雲杉林、闊 葉林、冷杉林、水青岡 林、等等	沒有松樹, 常常也沒有樺木。主林木多半為雲杉, 冷杉, 橡樹, 闊葉樹等等。

由此表可見森林的組成, 其中有沒有某種樹種, 首先就要影響到土壤的肥沃度。不言而喻, 隨着土壤中粘土微粒數量的增加, 通常樹種的產量, 森林中木材總蓄積量, 也要增加。

П. С. 波格列布涅克院士(1931)所指出的關於森林土壤肥沃性對根部所達到土層厚度(根所達到的範圍)間的依屬性的概念, 同樣是重要而需要知道的。假如沒有這個概念, 也就不能了

森林土壤綜合吸收物的意義

土壤綜合吸收物對土壤的生活，因此也就是對森林的生活，都是有很大意義的。關於土壤綜合吸收物的學說，係由 K. K. 給特勞益茨院士所創立的。在水中直徑小於 0.001 公厘 (0.1 μ) 的，不能溶解的有機及無機物的膠狀特性的微粒的總和，叫做綜合吸收物。這些微粒能够置換氫及各種金屬陽離子。黑鈣土中被吸收的鹽基為鈣和鎂離子，灰壤土中被吸收的鹽基為氫離子，而在柱狀碱土及鹽土內的為鈉離子。

綜合吸收物中的鹽基是同各種能各種體積的土壤鹽類溶液的鹽基一同進入置換作用的。黑鈣土中綜合吸收物是非常固定的，在置換作用中是不活動的。灰壤土內綜合吸收物為不固定的非常活動的，當石灰中的鈣進入綜合吸收物中代替氫時，綜合吸收物則容易在石灰的影響下改變其特性，這樣可使土壤得到根本的改良。改進柱狀碱土時，就可將石膏加到柱狀碱土中去，則石膏中的鈣，在這種情況就可以代替柱狀碱土中的鈉。

綜合吸收物對森林發生何種影響呢？

綜合吸收物，對土壤內化學的，物理的，及生物的特性都有重大的影響。因此，也就要影響到森林植物類型的組別。例如我們曉得，典型的森林黑鈣土，並不存在，在退化的黑鈣土上生長着的為生產量高的茂盛的白蠟與橡樹混交林，在灰壤土上的則為針葉林、軟雜木林及闊葉樹林。但這僅是土壤綜合吸收物與森林植物間互相關係的簡單化的圖式，而實際上這種互相制約作用是很複雜的。例如灰化較差的土壤中，分布的為松樹同橡樹及灌木的混交林；在灰化甚高的土壤中，

第 九 表

營養料 水分	瘠薄土壤 (砂土) (松林)	輕砂性土 (疏鬆沙土) (闊葉林)	重砂性土 (疏鬆沙土) (多種闊葉林)	肥沃的粘土 或沙質粘土 (闊葉林、粘土 闊葉林混交的 雲杉林)	營養料 水分
特殊乾旱的	A ₀	B ₀	C ₀	D ₀	0
乾 旱 的	A ₁	B ₁	C ₁	D ₁	1
潮 潤 的	A ₂	B ₂	C ₂	D ₂	2
濕 潤 的	A ₃	B ₃	C ₃	D ₃	3
潮 濕 的	A ₄	B ₄	C ₄	D ₄	4
沼 澤 的	A ₅	B ₅	C ₅	D ₅	5
水分 營養料	A	B	C	D	水分 營養料

長，以這個作為決定性的標誌的。這個按土壤肥沃性的土壤分類法，即根據土壤中所含有的營養物及水分多少來決定的分類法，它已大量的在林業上採用着，及用來解釋森林的地位級及組成不同的原因。

氮素。

當有機物殘體分解時，經過細菌的作用，就發生硝酸鹽態的及銨鹽態的氮素。另有一小部分空氣中的氮素可以溶在降雨中落到地上，這一部分的氮素每年每公頃為五公斤。

某些植物像赤楊、白柳、槐樹、羽扁豆等的根瘤菌可以固定一小部份空氣中的氮素。土壤中自由活動的細菌像 *Азотобактер* *Клостридий* 也可以固定一部分空氣中的氮素。硝酸鹽態的有機物，雖沒有細菌作用，但能在光線及鋁的、矽的、鋅的、鎘的、銻的氧化物起接觸劑作用

第十表 植物氮素消耗表

植物的名稱	每公頃的收穫量(噸)	每公頃土壤中 所吸收的氮素 (公斤)
森 林	1.0—2.0	40—50
穀類作物	1.5—2.0 穀物	40—60
	2.5—3.0 ♀	85—100
馬 鈴 薯	3.0—2.5 塊莖	100—125
	3.0—3.5 ♀	150—175
甜 菜	2.0—2.5 塊根	90—125
	4.0—5.0 ♀	180—250
	6.0—7.0 ♀	270—350
棉 花	1.5—2.0 籽棉	90—120
	3.0—4.0 ♀	160—200
	5.0—6.0 ♀	240—270
	9.0—10.0 ♀	360—400

則爲各種雲杉林。由此可以看出植物對土壤的影響。

威廉士院士注意到給特勞益茨的錯誤，他不僅將不溶解的微粒與土壤溶液間的陽離子的理論化學上的置換作用包括在內，而且也將可溶的固體元素的機械阻塞、化學置換反應及植物吸收物質時的生物作用，都包括在土壤吸收能力之內。威廉士院士找出了及發展了特種生物吸收的學說，一種新的土壤吸收特性的學說。

以下我們就來研究一下自土壤中吸收氮素及灰分物質的森林營養過程。

森林及其營養元素

森林與氮素：氮素是頂重要的植物營養元素，因爲他是組成蛋白質的必需物質，而蛋白質又是重要的生命體現者。

樹木就像大多數植物一樣，其氮素營養物都是由土壤中兩種形式的無機氮素而來：a) 硝酸鹽、包括各種硝酸鹽，b) 銨鹽，包括各種銨鹽。

很久以來就認爲只有由硝酸鹽而來的氮素，才能營養植物。但是俄羅斯學者考索維契及帕梁尼什尼考夫證明，植物也可以利用銨鹽中的氮，且在個別的情況下還可以大量的來吸收它。

植物自土壤中祇有吸收硝酸鹽態及銨鹽態的氮素（可以吸收空氣中的氮素的某些種微生物除外），其數量佔整個植物體重量的2—3%，很少能够達到5—6%。

根據帕梁尼什尼考夫關於農作物消耗氮素的材料，再加上森林消耗氮素的材料，我們可以列出如下的一個比較表，第十表：

有其正確部分。但是也常有多數針葉樹種，吸收硝酸態氮，而闊葉樹種吸收銨態氮的。波格來勃涅克教授曾對森林礦物營養物問題做過許多研究工作，他主張將白榆、青榆、多數白楊、稠李、接骨木、歐洲衛矛等劃為喜硝酸鹽的一組。塞門尼茨及蘇施金也曾研究過森林的組成、產量與土壤中氮素含量間的聯系情況，按照他們在烏德摩爾梯及列寧格勒州的研究，低地位級（有茂盛的簕石南屬 *Calluna Vulgaris* 及越橘地被物處）的松林土壤內，並沒有明顯的硝化作用，在混有楓樹及其他闊葉樹種的雲杉林土壤內則有顯著的硝化作用。

有機物質，是可以分解為適合於植物吸收的礦物態氮的，其中氮素的總量為有變化的。在低地位級中氮素的總量為2%，在高地位級中可到5%以上。換句話說，林型不同及地位級不同時，供給土壤中的氮素也不相同。而由森林所造成的適合於銨化的環境，也依森林的組成、森林的外形、森林的鬱閉度、年齡、地位級、林型而不同。例如特別在北部，森林疏伐後，土壤的濕度與光照增加，則硝化作用也就增加。在死地被物厚而粗糙的森林中，如經弱度森林火災，則形成銨的作用也可以增強。進而在沼澤土壤中，也可以增加硝酸鹽的積聚作用。

每位林學家既然考慮到氮素對森林生活的極為重要的意義，就應該會調劑土壤中氮素的積蓄量及使成為植物可能利用的氮素形式。

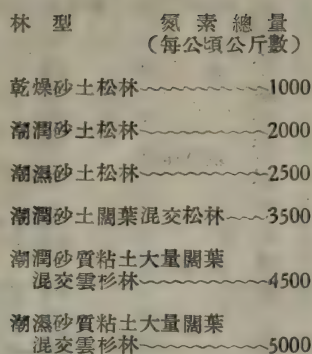
可以用各種林業技術來進行氮素的調節作用。特卡秦柯教授指出，調劑森林土壤中氮素的總量以下列各方法為最有效：1 改變森林採伐的方法；2 翻耕土壤；3 清理採伐跡地；4 以富有硝化細菌的土壤來進行土壤接種；5 施石灰；6 沼澤地的排水；7 調整夏季集材的方式；8 調換牧地。

除這些方法以外，應在針葉樹中種植闊葉的下木，及可以固氮氣的樹種，像洋槐、紫穗槐、

時，也可以分解出一部分氮素。最後，植物經過菌根，即是真菌形成物的作用，也可以部分地直接吸收有機物質中的氮素。但爲植物所吸收的氮素，主要的來源，還是經過細菌分解後的有機物。

森林土壤中氮素含量的多少要依靠森林植物來決定，而森林植物又是土壤中氮素含量多少的一種結果。

由調查顯示，幾種主要林型的森林土壤內的氮素含量如下（在土壤表層二十公分內）：



森林的產量，進而至森林的組成、外形及其他的指標，主要係由土壤中氮素含量多少來決定。

但是蘇維埃的林學家И. С. 波格來勃涅克教授認爲森林土壤中氮素的總量，由森林影響土壤所得者比土壤影響森林所得者爲大。因此他確定了這樣的定律，森林的產量愈大則落到土壤上面的有機物就愈多。

樹種可以劃分爲需要銨鹽基的，即最適合吸收土壤中的銨態氮的，及需要硝酸鹽基的，即最適合吸收土壤中的硝酸態氮的。主要的針葉樹都屬於前者，闊葉樹都屬於後者。這種分法，當然

持良好的狀況。在溫度及肥沃度中等的土壤，用燒燬成堆的採伐剩餘物的方法，則鉸的形成作用就可以進行的非常快。

M. E. 特卡秦柯教授在其論北方森林等著作中，都指出由於火災及燒掉採伐剩餘物，就可以很完善的及多方面的來改進森林土壤。A. B. 久林教授在布良斯基林區所進行的研究，使人信服的指出用如何燃燒森林採伐剩餘物的方法，就能造成生土化土壤，改良森林土壤並促進森林的天然更新。根據蘇施金的材料，在松樹——帶石南屬林中及雲杉——乍漿草林中，就是在進行過採伐的地區也是沒有硝化作用的，但是燒燬植物殘體後硝化作用就大量進行。

提高土壤的溫度對於加強硝化作用是有作用的，此點已由俄羅斯學者П. А. 考斯狄且夫及A. H. 列別加茨夫加以證明。一般的說，藉火的作用來改良土壤，在開始耕作時人們就已經知道了。關於這一問題在其他歷史文件中也可以看到。

4. 在沒有進行硝化作用的地區，以硝化細菌進行土壤接種，這在理論上是非常合理的方法。但是一直到現在這種方法的技術問題尚未解決，所以尚沒有能大量的應用。

5. 灰壤土加施石灰也是值得林學家們注意的方法。灰壤中施石灰，可以整個地改進土壤，改變土壤內鹽基的飽和度和引起硝化作用（斯切潘諾夫塞拿免斯基等）。

6. 排去沼澤地的積水。這是當前唯一簡單的、可行的、效果優良的改良土壤的方法。在沼澤地區進行開溝，可以加強硝化作用。這一方法現在蘇維埃林業實際工作中已得到大量的推行。

7. 在集材和運材時，或者會破壞堅密而呈酸性的腐殖質的整體性和聯繫性，而使此種腐殖質變鬆，分解加速，硝化作用增加；或者會使土壤變得結實。但當剝落並帶走了中性的有價值的腐殖質時，無疑地便對森林土壤有害。因此從林業的觀點出發，用拖拉的方法來解決集材運材問題

白赤楊及黑赤楊等。

1. 用改變森林採伐方法來調節森林土壤中氮素的含量，在南方一般水分不足，硝化作用及銨的形成作用都進行得很慢，假使在這種地區採用皆伐法，那末土壤的表層就會過分乾旱，銨態氮的形成作用也將很弱。因此若進行漸伐，團狀擇伐，及永續擇伐作業，那末就可能大量促進硝化作用及氮化作用。

在北方森林地區一般是溫度不足，所以用不致裸露大地地面的採伐方式，其效果較皆伐要小的多。若進行皆伐時，則土面的溫度可以提高，硝化作用及氮化作用也可以增強。氮素的積聚作用不僅可用森林主伐法來改變，也可以用撫育採伐法來加以改變，但是由於撫育採伐改變環境的程度比主伐差，所以它對氮素積聚作用的影響程度也比較小。

無論是採取主伐法或者是撫育採伐法，增加銨化的作用祇會持續幾年，以後就變慢而漸漸停止，但是由於積聚了銨態氮，森林的生長也就會增強。

2. 翻耕土壤：特別是在尚未腐爛的死地被物層很厚的情況下，翻耕土壤可以顯著地改變銨態氮的形成作用。在森林死地被物很厚且具有粗糙的酸性腐殖質的地區，經過鬆土後，就可以使土壤構造改良，使土壤中的溫度、水分、空氣狀況得到改善，因此也就增強了銨的形成作用。

如果森林死地被物不太厚而腐殖質柔軟且呈中性，就應小心進行耕地。耕地如不適當，則死地被物和腐殖質會分散掉，並且由於急劇銨化，肥沃的表層會喪失掉。

3. 清理採伐跡地，在土壤瘠薄而其表層有機剩餘物很少時，宜於將森林採伐剩餘物散撒在地面上。這些採伐剩餘物平鋪地上後，就進行分解而形成銨化物。在沼澤林地上，則採伐剩餘物應該積聚成一個個大堆子。這些堆子由於分解而形成銨態氮，就使溫度、空氣、水分及鹽類含量都保

鉀常以有機物的狀態，大量存在於幼嫩器官的活的原形質中，在這裏鉀要占到灰分總量的30—70%。在樹木的木質部及皮層內鉀的含量也很多。推想鉀在細胞中是起保護作用的，它可以預防蛋白質的凝結以及提高膨脹壓，幫助植物中炭水化合物的運行。除此而外，鉀還可以中和細胞液中過多的酸液。

鈣在植物老熟部分的含量比幼嫩部分要多，這也就證明，他在原形質中的作用不如鉀那樣大。推想鈣在植物中為酸的中和劑。鈣沉積在細胞膜上可以增加其機械堅固性。當其他灰分元素像鉀、鎂、鈉過多而產生有害作用時，鈣就起一種保護作用。在膠體的原形質中，鈣可以維持必要程度的物質擴散作用，使原形質不致於凝結。

鎂正像鉀一樣，在植物的幼嫩部分最多，它是葉綠素的一個組成成分。為了維護原形質使保持正常膠體狀態，鎂顯然是必需的。

鐵在植物中的分量非常少，其本身並不是葉綠素的組成部分，但是對於形成葉綠素是十分必要的。假如植物中鐵的分量不夠，則成為淡白色，而不能成為綠色，這種現象叫做萎黃病（Хлороз）。當土壤中石灰過多，鐵質變為不溶解的及不被吸收的形式時，便常引起萎黃病；若溫度過低，礦物質特別是鐵，進入植物中時就要發生困難，這樣也可能引起萎黃病。

磷是植物中最重要的元素。磷在土壤中只有呈正磷酸鹽狀時才被吸收。磷為各種蛋白質的組成成分，特別是細胞核中蛋白質的組成成分。

硫也是植物中最重要的元素，在土壤中成硫酸鹽狀態時才被利用，為各種蛋白質中的組成成分。

總之，鈣、鉀、鎂、鐵等等金屬元素，在土壤中都是成各種酸的陽離子狀態時，才為植物所

時，就應該注意到林型這一問題。

8. 放牧要引起土壤的變緊或者變鬆，所以要影響到硝化作用。例如在烏克蘭常由於牲畜踐踏使土壤變緊，由此也使硝化作用減低或竟完全停止。但有時候放牧的豬、牛、羊數量很少，則反可使死地被物變鬆並使這些動物的糞尿加入，結果增強硝化作用。

在北方，放牧常是極度的，這就常要破壞酸性的腐殖質內的聯繫性。

由此可使溫度、空氣、水分和鹽分情況，得到改善，硝化作用得到增強。

現在林業上已擁有調劑森林的氮素營養物的各種可行的方法，因此也就可以大量的去影響森林更新、生長、成熟以及森林世代交替的作用。

利用上述的方法，可以調節鉍化及森林的營養作用，因此也就可以調節森林的更新、生長、發育、壽命及衰老。但是這裏應該注意到，增強鉍化作用不僅會增強森林的發育，同時也會增強雜草的發育，所以也要注意防止雜草。許多喜硝酸鹽的殖物，像柳蘭及蕁麻屬，並不是森林植物的敵手，但像野青茅及其他一些禾本科雜草則是森林植物的最頑強的敵手。

森林與土壤中的灰分物質

個別的樹木、灌木、草本植物的營養以及整個森林的營養，包括吸收土壤中的氮素化合物以及吸收灰分元素的化合物，即吸收植物燃燒後留下來的鉀、鈣、鎂、鐵、磷、錳、硫、硼等灰分物質和對植物生活所必需的其他元素。除此以外，森林還要吸收許多並不是其生命所必須的像鈉等元素。

時的反應情形與在自然界中的反應情形顯然就不一樣。

分析植物灰分中各樣礦物質的成分，可以對植物消耗灰分物質的數量有一個明確的觀念。但是這種方法並不完善，因為植物所消耗的土壤中營養物質的數量及植物內灰分物質的含量並不是常常與植物實際需要量相符合的，而常常是土壤中這類物質過多或不足的結果。

根據各個作者的材料，松樹是含灰分少的樹種中的一種（針葉中的灰分含量是 $2.1-3.5\%$ ），其後由灰分少的到灰分多的喬灌木樹種次序如下：水黃皮、紫穗槐（ $5-6\%$ 灰分）、鋪地蜈蚣、棠棣、忍冬、薔薇、山楂（ $8-9\%$ ）、珍珠梅、錦雞兒（ $10-12\%$ ）、接骨木（ $15-20\%$ ）。

以上這種材料是對於條件中等即肥度中等的砂土及砂質土來說的。在其他的環境下，葉子及死地被物中的灰分含量可以提高或者降低 $1-2\%$ 或者更多一些，這要按立地的情形及土壤的肥度來決定。

換句話說，灰分物質的消耗量不僅是植物需要量的結果，也是這些物質在土壤中的存在多少的結果。

爲了把農作物灰分組成的材料與樹木的相似的材料相比較，我們可參考 J. A. 伊凡諾夫教授所編製的表格（第十一表）。

由十一表中我們可以看到林木的葉子及種子中的灰分物質含量最多，莖幹中的含量最少，各農作物內，各部分灰分含量的比例也都有點不同。

由此可以得到結論：活細胞佔百分數愈大的組織內其所含灰分元素的數量愈多，亦即是植株愈幼嫩的部分，其內灰分物質愈多。在葉子內灰分有 $10-20\%$ 以上，而在木材裏只含有 $0.3-0.5\%$ 。因此要着重的注意到這一點，當採伐森林時自森林中所拿走的幾乎只是木材，而針葉及樹葉

吸收；到植物內部，則這些元素大多數都成游離狀態，以一定的形式維護着蛋白質及其生命。硫和磷這樣的非金屬元素，只有在它們呈硫酸磷酸這樣主要的酸的陰離子狀態時，始為植物所利用，同時大部均直接成為蛋白質的組成成分。在植物內金屬元素同非金屬元素有化合狀態及游離狀態的兩種形式，兩者間的比例也有是變動的。

森林中礦物營養分的作用如何？森林如何影響土壤中的鹽類狀況？用那些方法可以來估量森林所消耗灰分元素的數量？關於森林同灰分元素間的關係，首先可按自然界中，各種森林按土壤類型的分佈情形來決定。

我們已經知道，在瘦瘠的土壤中，生長着的是像松樹、樺木、洋槐、水黃皮 *Genista tinctoria*、檜柏這些樹種，其原因就在於這些樹種不甚需要土壤中的肥分。在肥沃的土壤中生長的是橡樹、蠟木、水青岡、楓樹、榆屬、榛樹這類很需土壤中肥分的樹種。在中等肥分的土壤中生長的是山楊、椴、雲杉、落葉松之類對土壤中肥分需要中等的樹種。在鹽漬土上生長的則為耐鹹的樹種像橡樹、紫穗槐、梨樹、樺樹、檉柳、胡頹子、衛矛、韃靼楓。

可以用土壤試驗來確定樹種同土壤間的關係，其法即在各種時期以各種分量，向土壤加入各種肥分，來觀察各樹種的生長與發育狀況。這種方法無疑是有價值的，只是需要很長的時期。但其他類似的試驗方法還是很少。

樹種對土壤的關係也可以根據所謂營養試驗來確定。將植物栽在盆內，加進不同量的營養物質，然後精確的來研究植物的反應。這種營養方法的優點就在於它能精確的來確定植物對礦物質的消耗量以及確定植物在生長期中所發生的變化情況。但是這種方法存在着很大的缺點：植物特別是木本植物的生活情況，在一個小盆中與在自然界中的有着重大區別。在盆內對鹽分狀況改變

第十一表 各種農作物及各種森林植物內灰分元素

及氮素的含量(每一百克乾物質內的含量)

植株各部分的名稱		營 養 物 的 名 稱											
		N	灰分	K ₂ O	Na ₂ O	CaO	MgO	Fe ₂ O ₃	Mn ₂ O ₄	P ₂ O ₅	So ₃	SiO ₂	Cl
燕 麥													
種 子		1.92	3.12	0.55	0.05	0.11	0.22	0.04	—	0.80	0.06	1.22	0.03
莖 桿		0.56	7.17	2.67	0.24	0.50	0.26	0.08	—	0.33	0.23	3.35	0.31
馬 鈴 薯													
塊 莖		1.5	3.8	2.28	0.11	0.10	0.19	0.04	—	0.64	0.25	0.08	0.13
葉 及 莖		—	9.4	2.54	0.14	2.90	1.34	0.34	—	0.69	0.44	0.65	0.50
五 十 齡 橡 樹													
樹幹的木質部		0.72	0.35	0.12	0.03	0.10	0.02	0.00	0.002	0.04	0.01	0.02	—
樹幹的樹皮		—	7.20	0.31	0.02	6.68	0.09	0.02	—	0.03	0.02	0.04	—
葉 子		2.3	3.50	1.16	—	0.91	0.41	0.04	0.23	0.43	0.09	0.15	—
一 百 齡 松 樹													
木 材		0.15	0.30	0.04	0.03	0.16	0.03	0.001	0.01	0.02	0.01	0.01	0.0
針 葉		1.5	1.93	0.58	0.01	0.46	0.13	0.35	0.13	0.36	0.09	0.06	—
種 子		—	4.15	0.89	0.04	0.07	—	—	—	1.9	0.4	—	—



第八圖：每年自每公頃上採伐森林，（即只運出木材，枝葉仍遺留在森林裡）
營養物質的大約消耗量及歸還量（公斤）

則完全留在森林內再去肥沃森林土壤。同時還應該注意到自森林拿走木材，一百年只是一兩次。所以森林比較農作物耗費地力要小些。（第八圖）

由 H. A. 馬克辛莫夫院士第十二表的材料可以知道，農作物所吸收的灰分物質間的對比情況。

由第十二表也就證明，在種子中最多的是鉀及磷，在莖中的是矽及鈣，在塊莖中的為形成碳水化合物所最需要的鉀。

第十三表 每年每公頃森林及農作物
所消耗灰分物質的數量(公斤)

植物的名稱			灰	分	鈣	磷	酸
松	樹	林	56		4		5
水	青	林	197		38		46
小		麥	248		41		24
青		草	328		82		31

末所耗費的灰分物質較少；假如土壤較肥，那末所耗費的灰分物質就要較多。例如在小石礫土上，松樹所吸收的灰分物質較比在砂土上的為少；在花崗岩上，冷杉所吸收灰分物質比較在含黏土的片岩上所吸收的要少的多。

除此以外，各種樹種所吸收灰分元素的分量也是不同的。已經查明的像榆屬、白楊、歐洲衛矛、接骨木是喜氮樹種；洋槐、克里米亞松、白榆、黃櫨、女貞是喜鈣樹種；歐洲松、疣皮樺、千金榆、雲杉、花楸樹為耐酸性樹種；梨、白榆、檉柳、橡樹(AYO HEPEHATIN) 為耐碱樹種；錦雞兒、洋槐、水黃皮、黑赤楊白赤楊為可以固定氮素的樹種。

П. С. 波格列布梁克教授發現喬灌木樹種對土壤外部形狀的聯系關係的規律性。他指出喜硝酸的(喜氮)及能固定氮素的

植物的葉子，到秋天沒有普通的黃色，而為紅色、綠色及其他色彩。同一屬的漿果植物，紅果種的(接骨木、紅茶蔗子、覆盆子)比較黑果種的(西洋接骨木、黑茶蔗子等)對土壤的需要要小。

因此木本植物及森林對灰分物質間的關係有以下幾點特徵：

1. 基本上說森林所吸收的物質也是草本植物所要吸收的。不過不同的樹種所主要要吸收的物質也不同。

是在同一樹種內，根據土壤環境的不同，灰分物質的耗費量也有很大的變化。假如土壤較瘦，那

各種不同的植物自土壤中所吸收的灰分物質的總數如第十三表。

因而，正如我們由第十三表中所見到的，森林比草本植物所耗費的礦物質要少一些。

由研究材料證明：在各種土壤環境下針葉樹種所吸收的灰分物質總比闊葉樹種要少；還有就

第十二表 各種農作物的灰分組成(百分比)

植 物	礦 物 質									
	K ₂ O	N	CaO	MgO	Fe ₂ O ₃	P ₂ O ₅	SiO ₂	SiO ₂	Cl	
I. 種 子										
小 麥	30.2	0.6	3.5	13.2	0.6	47.9	—	0.7	—	—
小 米	29.8	1.1	2.2	15.5	0.8	45.6	0.8	2.1	0.9	—
三 葉 草	35.3	0.9	6.4	12.9	1.7	37.9	2.4	1.3	1.2	—
亞 麻	26.7	2.2	9.6	15.8	1.7	42.5	—	0.9	—	—
崗 豆	41.5	1.1	5.0	7.1	0.5	38.9	3.4	0.6	1.8	—
II. 莖 葉										
小 麥	13.6	1.4	5.8	2.5	0.6	4.8	—	67.5	—	—
小 米	27.2	0.8	5.7	11.4	0.8	9.1	—	40.2	—	—
三 葉 草	27.2	0.8	29.3	8.3	0.6	10.7	—	6.2	—	—
亞 麻	34.1	4.4	24.8	15.0	3.7	6.2	—	6.7	—	—
蕎 麥	46.6	2.2	18.4	3.6	—	11.2	—	5.5	—	—
III. 塊 莖 及 根										
馬 鈴 薯	60.0	3.0	2.6	4.9	1.1	16.9	6.5	2.1	3.4	—
甜 菜	53.1	8.9	6.1	7.9	1.1	12.2	4.2	2.3	4.8	—
燕 菁	45.4	9.8	10.6	3.7	0.8	12.7	—	1.8	5.0	—

值材料，列表如下：（第十四表）

第十四表 苗木根系大小的研究結果

樹 種	根 的 數 目	根的總長度(公分)
二年生 松 樹	2020	3818
二年生 雲 杉	2555	1724
二年生 冷 杉	614	470
一年生 落 葉 松	174	236
一年生 樺 木	2971	2573
一年生 山 楊	1374	720
一年生 尖 葉 楓	1184	955
一年生 錦 雞 兒	22	345

全可以按照威廉士的土壤肥沃學說來斷言，森林土壤的肥沃性是可以利用林業方法及其他方法加以無限地提高。因此，同時也就可以無限制地提高我們森林的生產力。

真菌與喬灌木間的共生現象及在林業上的應用

上面我們說到由木本植物可以造成有機物，低等的真菌可以分解有機物。這種情況是指在完

森林植物對灰分物質的需要量很小（與農作物相比較），又能從大面積土壤中吸收礦物質，而葉子內所含灰分物質又可以歸還到土壤中去，這些都足以說明森林對土壤的要求是不嚴格的。

森林可以在不適合農作物的，所謂壞的土壤中生長，因為每公頃一百年內，只吸收灰分物質5—20噸左右，而這些物質又都可以由葉子歸還到土壤中去。

為看林業的利益，森林學者應該會用樹種混交、森林撫育、主伐、清理採伐跡地來調節森林土壤中的礦物質的總量及存在的形式。所有這些林業的方法，不但同時可以改變灰分物質的總量及存在的形式，而且同時也可以改變土壤中的其他特性。完

2. 森林每年所耗費的灰分物質要比草本植物所耗費的灰分物質要少二分之一到五分之四。

3. 森林吸收灰分物質最強烈的時期，有時與草本植物的時期不相同。

4. 森林所吸收的灰分物質主要不是儲蓄在木材中而是在枝葉中的，這些枝葉在採伐時大都留在森林中，經腐爛後又再豐富土壤中的灰分物質。

按樹種對灰分物質的需要量，莫洛作夫列出下表（從最需要灰分物質開始）：1 洋槐 2 山榆 3 白蠟 4 水青岡 5 橡樹 6 黑赤楊 7 雲杉 8 樺木 9 落葉松 10 歐洲松 11 威衣摩桃夫松樹 (*Pinus Strobus*, L.)。

但是，正如許多研究所指明的，應該要將對灰分物質的需要量與對土壤的要求相區別出來。需要大量灰分物質的樹種，在瘦瘠的土壤中也可能達到滿足的。莫洛作夫按樹種對土壤要求，列出以下的次序（自對土壤最需要的開始）：1 山榆 2 白蠟 3 楓樹 4 水青岡 5 千金榆 6 橡樹 7 黑赤楊 8 檉樹 9 山楊 10 雲杉 11 威衣摩桃夫松樹 12 落葉松 13 樺木 14 洋槐 15 歐洲松樹。

我們可以看到，某些樹種從灰分的需要量來看，佔某一位置；而從對土壤肥分的要求來看，又佔另一位置。例如洋槐，在對灰分物質需要量多少的表中佔第一位，而在對土壤要求程度的表中幾乎佔到最後一位。松樹總佔在最後位置，橡樹總佔在中間位置，而白蠟在兩個表中都佔在前幾位。

如何來解釋某些樹種在以上的兩個表上所佔位置的不符合的情形呢？這種不符合的情形係由於各樹種的許多生理及解剖特性上有不同，而也是由於根系的大小有不同所致。根系較大的樹就是在瘦瘠土壤上，也可以更多滿足灰分物質的需要。莫洛作夫氏的關於苗木根系大小的很有價

菌營養。但是疣皮衛矛、歐洲衛矛、森林覆盆子、錦雞兒、*Prunus laurocerasus* L.、柿屬、歐洲甜櫻桃、無花果樹的根部外面都沒有菌根。

按照不同的樹種及立地條件，在我們森林中廣泛地分布着各種帽狀真菌，必須認識到這就是森林中菌根的主要表現形式。

森林與真菌相互作用的特性及程度，已是許多研究的目標。我國許多學者都做過這樣研究，例如卡梅斯基、沃龍寧、維索茨基院士、威廉士院士、雅切夫斯基、瓦寧、巴拉聶及羅巴諾夫教授。

Г. Н. 維索茨基在其論文中已證明出，不帶有菌根的橡樹苗不會發育良好，生長要落後，生病及至死亡。巴拉聶在哈爾考夫附近苗圃中培植的小橡樹試驗，也使人信服的證明了這一原理。

例如帶有菌根的小橡樹，則有12個葉子，而沒有菌根的則只有10個葉子，整個根的重量在前者為21.6公分而後者只有14.6公分。在巴拉聶的試驗中，是用老橡樹的根上剝下來的，等於兩個橡實那樣大的帶菌土進行菌根接種的。

威廉士認為菌根有很大的意義。

為了說明森林生活中菌根的意義，應該注意到地上部分及地下部分的自體營養（沒有菌根）及真菌營養（具有菌根）間的對比關係。

以冬黑麥（自體營養的植物）為例：幼芽及葉子的表面面積可到4.5平方公尺，而支根的面積則為2.5平方公尺，鬚根的面積為4.0平方公尺，總共面積就為6.5平方公尺。換句話說黑麥的地上部分與地下部分表面面積的比值幾乎達1:40。

全獨立與分別存在時而言的。但是喬灌木樹種和森林中的高等真菌，則一般都是緊密地聯系的。

這種聯系就在於，每年春天喬灌木的根部都長出分布甚廣的菌絲，到秋天這些菌絲交結物就死去。這種菌絲構成體不僅成一個套狀套住小根，而且在細胞之間長出幼芽，在外形上看好像在根的細胞內一樣。但根的生長點通常還是可以自由伸長的。

喬灌木樹種與真菌的共生作用主要是這樣的：上述的真菌套可以部分地代替吸收根的作用，可以利用土壤中的有機物，並以營養物質及水分供給喬木及灌木。這樣他一面完成了根的作用，另一面還暗中部分地代替葉子吸收空氣中碳酸氣所行的同化作用。除此以外，根據在真菌內有大量有毒物質來看，真菌可以保護樹木不受在土壤中所集聚的及綠色植物所分泌的有毒物質的侵害；從另一方面來看，喬木及灌木也以有機物質，供給真菌維持其生活。

這種共生現象有利的一方面也有有害的一方面。共生中有利的一方面就在於彼此以需要的物質互相交換，以及互相保護不受有害物質的爲害。共生內有害的一方面就在於彼此間也有某種程度的寄生作用，就是不僅利用過多的有機物及礦物溶液而且也還利用到必需的，甚至於產生這種可能，互相分泌對方有害的物質。但是喬灌木與真菌的共生現象，主要還是互相有利的。所以可以這樣說，大多數喬灌木的正常生活是不能沒有真菌的。

森林植物像水晶蘭、水青岡、某些針葉樹種與真菌間相共生的論述，最早是奧德薩大學卡梅斯基教授在1881年所寫的。

發現菌根，並稱之爲菌絲的認爲是福仰格，只是他到1885年才發表其著作。

伯梁斯基林學院H. B. 羅巴諾夫教授指出，森林中大多數的喬灌木在各種土壤中，在各種氣候下，其根株上都有真菌，即菌根體（或菌根）。換句話說，這些喬灌木不是自體營養而是真

第四章 森林與大氣

森林與空氣的成分

森林植物羣叢與它周圍的大氣是不斷地互相作用着。這種互相作用的結果就是：森林不斷改變着它立地的空氣，這種空氣又反回來作用到森林本身。因此在森林的影響下，大氣各主要的原素與氣象因素（空氣的成分、大氣電、風、溫度、光、降水）都有顯著的改變，同時也改變着森林。要掌握森林的自然本質與使這種自然本質向有利方向發展，就必須了解這些互相作用的規律性。

大家都知道，大氣的主要成分中的氮計佔大氣的 78% ，氧計佔大氣的 21% （按容量計算）氮約佔 1% 。在空氣中還有碳酸氣（即通常所稱的二氧化碳 CO_2 ）佔 0.03% 。此外，大氣中尚含有其他氣體，和由工廠及居民烟囪冒出來的烟灰與其他混合物，以及 0.4% 的水氣（按容量）。每年被雨水帶入每公頃土壤中的氮將近 5 公斤，約等於植物需要量的十分之一。氧氣是供給森林呼吸的，它在森林中含量很多，在實際上森林並不能改變氧在空氣中所佔的百分率。

碳酸氣（ CO_2 ）的百分數對森林是有重大意義的。空氣中碳酸氣的份量（ 0.03% ）雖然很小，但已足夠供給森林進行同化作用的需要。植物中的乾物質約有 30% 是取自碳酸氣中的碳素構成的。如果認為一公頃森林一年中乾物質質量增加四噸，那末碳素的需要就是二噸，這一數量的碳素，相當於 200 萬立方公尺空氣，所含碳酸氣中的碳素量，也就是要超過森林中碳酸氣含量達 30 倍。

植物在進行同化作用時要消耗碳酸氣，因此就要減少空氣中碳酸氣的含量。根據估計：植物對碳酸氣的需要量很大，每年要消耗空氣中碳酸氣總含量的 3% 。如果不再補充，那末大氣中的碳酸氣就只够用 $30-35$ 年。

我國布佐羅克考察隊對松樹，即對真菌營養植物所做的試驗，證明松樹的針葉與根的表面面積比值接近於一。羅巴諾夫教授對松樹的，一年生落葉松的及二年生雲杉的幼苗，在伯梁斯基林業分局進行試驗，所得的材料證明地下部分與地上部分表面積的比值要小於一。例如，松樹針葉的表面面積為29.00平方公分，所有三級根（譯註即主根上生出支根，支根再生出支根）的面積為8.56平方公分，即是要小三分之二；落葉松的相應的材料為29.60及17.16幾乎要小二分之一；雲杉為21.72及16.31即是要小 $\frac{3}{4}$ （只是鬚根的表面面積是否計算在內則不清楚）。

這就說明，真菌營養植物，是主要靠菌根的吸收作用來生活的，若沒有菌根則不能生活。

菌根在林業上的意義非常大，特別是在沒有森林的土壤上培育苗木及在草原上進行造林時更是如此。

應該要研究喬灌木樹種與真菌間的共生現象，並要善於調節及利用。

在草原造林時應該大量的用相適應的真菌對苗木及移植苗進行接種。在無林地區的苗圃中培育苗木時，這也是必須的步驟。無論如何，只要在無林地區培育苗木，都必須要施以適量的森林帶菌土。所以要用與某一樹種相共生的真菌向無林地土壤接種。

——拉丁語意「毒」，合稱為植物性毒）。

植物能形成植物性毒是俄國學者B. П. 托金所發現的。

托金與其他研究者確定了我國許多植物——樺木、稠梨子、圓柏屬、辣山藥、椒、蘿蔔、大蒜、洋葱、艾蒿、蘆薈（蘆薈屬）等——都能製成一種物質，這種物質可以消滅各種疾病（結核、霍亂、赤痢、傷寒、白喉）的病原素（低等微生物、細菌、菌類），並顯然對製造他們的高等植物有保護作用。而低等植物（細菌、真菌）也能製造出抵抗物質，此種抵抗物質，足以治癒上述的由細菌或真菌引起的與由細菌及真菌兩方面引起的各種疾病。例如下述的這些真菌藥劑，配尼西林、鏈黴素、放線菌素等。

高等植物的植物性毒，大都是成揮發油狀態或為其組成成分或為其中間性產品，但也可能是與揮發油等不相同的其他物質。

植物的烈性氣味與香味往往和有烈性的植物性毒是一致的。但具有烈性植物毒的植物往往併沒有氣味。

現在可以將植物性毒的組成分為易飛的，可以揮發的氣化部分與不易飛的「液體」部分。很顯然，森林空氣是充滿着植物性毒的氣體，但是在空氣中也有懸浮狀的液體與固體的部分。而這些植物性毒的類型與基根，根據其自己的性質來說，是有殺原生動物、細菌與防腐等特性，還很少研究。同樣，在確定這種植物性毒的重要特性時，它是從植物發育中那一個階段發生的，與從植物的那一個部分（花、葉、莖、根、種子）分泌出來的，也有關係。充滿着花、果實、葉、莖、香味的森林空氣，有濃烈的氣味及對人類有特殊醫療作用的特性。各種花的香氣與個別植物的刺激氣味，甚至植物最初分泌的無色無香的物質，都有重大的醫療意義。因此花不僅是美學的

但是，空氣中碳酸氣的含量由動植物的呼吸、燃燒燃料、鑛山煤鑛、火山放出以及土壤內有機物質的分解，特別是森林地被物的分解，而不斷地補充着。一公頃肥沃的土壤每小時要放出碳酸氣達10—25公斤，瘠薄的土壤——也要達2—5公斤。

空氣中碳酸氣的含量減少，植物的同化作用就要減弱；相反地，空氣中碳酸氣含量增加，植物同化作用就會增強。

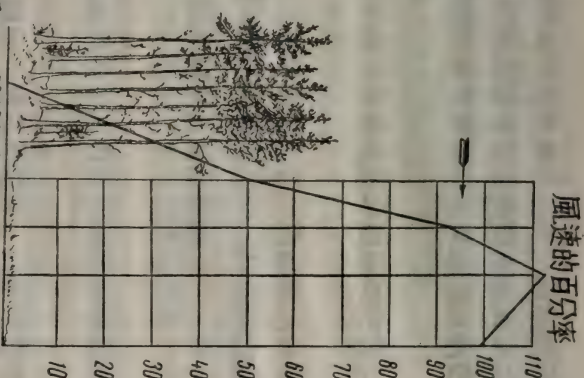
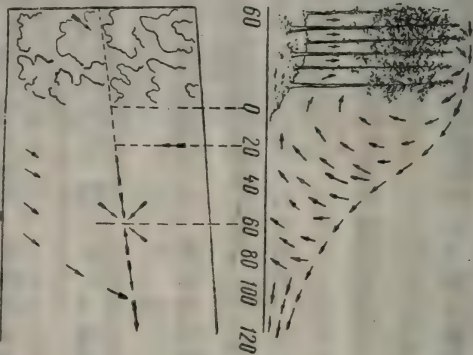
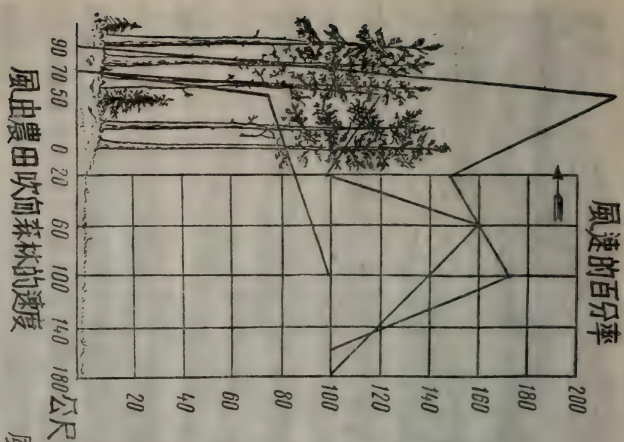
如果林冠的上層大氣成分中碳酸氣含量為0.03%，那末林冠內由於碳酸氣同化作用的緣故碳酸氣含量就減少到0.02%；而在林冠下，由於地被物的分解可使碳酸氣含量增高到0.05%——0.08%。

因此，由於母樹林所造成的環境，使林中幼樹具有優良的空氣條件。

對林學家來說，善於調節空氣的成分是特別重要的。因為調節空氣成分對林木的生長活動力，即森林的生長性能、生產率、材質是一個重要關鍵。促進酸性腐植質變軟和分解，就能使幼樹生長的空氣條件得到改善。

由工廠到空氣中的烟很多，烟內就含有0.5—5%的硫，由硫能形成有毒的氧化硫。人們推想每年放到地面上空氣中的氧化硫要達一千五百萬噸。而這種氣體祇要有0.0001%對生物有機體就是有害的。此外，在空氣中有很多的氯與其他有毒氣體及塵灰。各種樹種對有毒氣體的抵抗力是有差別的，有的樹種抵抗力強，有的抵抗力弱。克拉辛斯基把苦楊、洋槐、美國楓、美國白蠟列為中等受害樹種；把莫斯科楊、花楸樹、椴、尖葉楓、樺木、白雲杉、洋槐列入受害最劇烈的樹種。

森林空氣中還含有大量的能消滅單細胞微生物、細菌與菌類的物質。這些物質是由植物放到空氣中去的，稱為植物性毒(ФИТОЦИД) ЦИПОНЦИД(ФИТОН —希臘語意「植物」，ЦИП



風由森林下降到農田時的側面剖面圖

風由森林吹向農田的速度

風對樹幹的影響。若強風是由單方向來的，則形成偏冠，樹幹也是偏心而傾斜的。而在風力正常時則形成的樹幹也是端正的。因此可以把整個樹幹當作抵抗力平衡的物體。根據機械學定

東西，而且是衛生的藥品。

森林與大氣電

森林與大氣二者均有隨時間與空間而改變着的電壓。

樹木上所帶有的生物電的電能，可以用精確的千分之一伏特表來測定。如果把電壓表的二個接頭放在樹皮下的形成層內，則立即在伏特表上可以表示出該樹木所帶有的生物電的電能爲千分之幾伏特。若其數爲正則證明該樹情形良好。若爲負數則證明該樹處在疾病狀態。

利用千分之一伏特電壓表，可以決定樹木的生活堅韌性與生活力以及生長變化，當然還不能夠知道的十分詳細。

但是樹木的生物電的電能不僅與樹木的生活狀況有關，而且也與大氣電有關。大家都知道，例如，用金屬製的網子，罩到菸草與玉蜀黍上，使他們與大氣電隔離，則生長變壞，這顯然是因爲在這種情況下，沒有應具備的電能。

根據某些試驗可以這樣推測：由於森林吸引大氣電，而使大氣與森林裏的幼樹隔離起來。這現象的本質與意義還未曾研究。

森林與風

空氣的流動對森林有着重大的意義。

許多藉風而進行傳粉的樹種有橡樹、水青岡、千金榆、白蠟、榆、樺、赤楊、楊、榛子、松、雲杉、冷杉、落葉松。只有柳、椴、楓、板栗、洋槐等樹種是由昆蟲來傳粉。

許多藉風力散播種子的樹種有山楊、樺木、松、雲杉、落葉松、冷杉、楓、白蠟、榆（圖九）。



第十圖：在依奧斯卡爾——奧拉城在1948年8月16日颶風後的第四齡級松林

烈風還能引起所謂風折木，即折斷樹幹（圖10）。材質柔軟的樹種易於遭受腐朽病也易成為風折木，像：山楊、樺、椴等都是。而硬材樹種遭風折的情況就非常少，通常只有腐朽很利害的情況下才能發生。

樹木枝條互相撞擊給森林帶來很大的損害。在風的影響下，彈力強的某樹種的枝條要撞擊彈力弱的另一樹種的樹枝。由此可使嫩脆的枝條折斷與削皮，並引起生病。像松樹枝條受到樺木枝條的撞擊，就特別厲害。

樹木在烈風的作用下能使枝條折斷，與樹皮損壞，在受到機械傷害的地方就生出許多有害的菌類。

相反，森林影響風也是非常大的。一九五〇年H. C. 聶斯切洛夫教授，在季米略捷夫農學院林場的林地上，曾進行過最有意義而詳細的試驗。而在蘇維埃時代更

律，一端固定的物體，其直徑是由自由一端向固定的一端逐漸增大，這樣當有風的情況下，樹幹愈粗，抗彎力亦愈強，因此在某一地區風力愈強，樹幹亦愈矮。正因為如此林緣木的樹幹通常較林內的林木樹幹爲矮。所以經常在某一方向來的強風侵襲下，樹幹總是矮小的、尖削的、叢生的、偏斜的。

森林的生產率與風力強度的關係極大。風力愈大，則生產率愈低。這樣的規律，也與其他的規律一樣，要受另外許多因素的影響。

樹木的根系同樣也受風力的物理作用的影響，風力愈大，根系亦愈強，根也就愈深而分佈也愈廣。

風影響森林不僅在物理方面，而且還在生理方面。其中特別有意義的是風爲調節樹木蒸騰的因素。風把充滿着從森林裏蒸發出來的水蒸氣的氣團吹走，同時帶來新的並不含有水蒸氣的氣團。因此風力加強，通常也就要增加森林的蒸騰。特別強大的風，甚至能使樹木乾枯。但蒸騰還是森林生活上的最重要的作用。

風從森林裏吹走含碳酸氣分量較少的氣團，而吹進含碳酸氣分量正常的氣團，因而也影響着樹木的同化作用。

風能使森林遭受嚴重損失。烈風能造成或所謂風倒木，就是將樹木連根拔起。根系淺的及受過損傷和稀疏的林木都特別容易受風倒之害。因此烈風吹向那裏，那裏的樹木就易被風搖擺而使樹根破壞。在輕鬆砂土上，各樹種的根系往往是淺的，因而也就容易造成風倒木。

森林對於我國草原與森林草原地區農作物的風害有很大的意義，這些地區均嚴重地受到旱災的爲害，特別是東南旱風的爲害。在我國爲了戰勝旱災與減弱旱風的有害作用，許多俄國草原造林的先鋒者——達尼列夫、薩齊洛夫、勞米柯夫斯基、格拉夫等早在十九世紀初，就在田地中營造林帶與種植行道樹。

В. Я. 勞米柯夫斯基在一八三七年舊名波爾塔夫省、米爾高洛得縣農場裏，進行造林時曾寫道：

「在我們的縣裏大家知道在1834年與1835年一般都毫無收成，而我還是很幸運地如最豐收年一樣的得到豐收。」

Н. Б. 戈果里在「死靈魂」裏也曾寫到勞米柯夫斯基（原名爲柯斯坦曹格洛）造林的情形。

十九世紀七十年代時，Н. Н. 斯吉布脫教授就提出了在乾旱地區造林。在七十年代到八十年代中曾經在舊名黑爾松省的田野上就進行營造林帶，到八十年代時——在舊名撒馬爾省也進行過造林。

到這個時期在俄國的大阿納多爾，頓河流域沃依斯克地區，撒馬爾省等地都有了人工的森林。

十八世紀末偉大的俄國學者В. В. 杜庫恰也夫在理論上論證了帶狀護田林是戰勝乾旱的工具。著名的森林學者Г. Ф. 莫洛作夫和Г. Н. 維索茨基在半世紀以前就營造了護田林帶，在這些林帶保護下穀物收成，大大地超過在無林草原的收成。

護田林帶的意義不僅限於它能防止旱風對農田的爲害，且還能增加農田的積雪，減少地表的

有得齊托維奇、馬爵開、保得洛夫從事過這種試驗。在做這些試驗時，風速是用風速計測驗的，風向是根據燃燒真菌子實體烟的方向來決定的。根據聶斯切洛夫的研究，就是當風吹向距森林50—100公尺時風力增強風速也要增加30—60%（見圖3）。再靠近森林時風的流動就成波浪狀與激成漩渦。部分氣流受林牆的反冲就要沿林牆上升，在森林上空流動。這樣到林緣附近就形成着稀薄的空氣，而使風速加快。但衝進森林內的氣流，其速度很快降低下來，及至完全平息。當風進到森林內300—350公尺處時其速度僅及最初的2—3%。這是由於風力消散在樹木的搖擺，樹枝與葉子的阻擋與使樹枝發熱上。

當風由森林上空吹向曠野時，為從樹冠滑下，形成一種下降氣流，在達樹高十倍的距離處着地。而於遠達樹高五十倍的地方時恢復原無林地區的風速。

因此，當風吹向森林時（即迎風面），距森林一百公尺的距離內，就可以明顯的看到森林對風是起有作用的；當風由森林吹走時（即背風面），在距森林一千五百公尺範圍內，也可以看到森林是起作用的。實際上，在前一種情況下，森林顯著影響風的範圍等於樹高；而在後一種情況下，森林顯著影響風的範圍等於樹高的十倍。

根據我們多次的觀察，在森林內的風幾乎不超過每秒一公尺的速度。

根據季節與晝夜的不同，森林與田地毗連的地區常有一種特殊的氣流。例如在夏季，白天下層空氣愈近地面愈熱，因而在地面形成上升氣流，接着這種氣流向森林流動，降落在森林上面，然後氣流又從森林流向田野沿着地面流動（這是因為田野的氣流上升後造成空氣稀薄）；夜裏則形成與上述相反的氣流移動，由於林內空氣變冷慢，在夜裏較林外空氣溫暖，因而上升，結果引起地面上的氣流從田野流向森林。

述。其實，森林與風互相作用的特點是要隨着森林的組成，外形，鬱閉度，年齡，地位級，林型以及風的特性而有很大變化的。

森林與光

光的意義

照在植物上的光線可以分爲二種：直射光與散射光（即由雲與天空反射出的光線）。植物要利用日光作爲生活與生長過程中必要的能量的來源（二氧化碳的分解，蒸騰，葉綠素的形成，生長）。植物所吸取的主要是：紅、橙、黃（折光弱、最暖）紫、藍與青（折光強、微暖）的光線，綠色光線吸收較少。植物把紅光用於分解二氧化碳與形成葉綠素。紫、藍與青光則用在生長與形成幼芽上。蒸騰作用則是在一切光線的同時作用下才能進行。

不同的植物對於光的數量與性質要求有所不同。並且同一種植物在整個生命過程中所要求的光線也不一致，李森科院士所創造的草本植物階段發育論，同樣應該適用於木本植物（參看K. A. 季米略捷夫等的研究）。

研究森林與光的相互作用是必要的，因爲調節林冠就可以調節林內光的狀況，也就引起森林改變。

研究樹種與光的關係的方法。樹種與光的關係可以按照下述的外表特徵來判斷：

(1) 枝葉的稠密度：枝葉稠密是耐陰性樹種，枝葉稀疏的是陽性樹種；

(2) 樹幹天然整枝的速度：天然整枝快的是陽性樹種，天然整枝慢的是耐陰樹種；

水流，減少溫度的變化和提高土壤中的濕度。

過去B. P. 威廉士認為營造護田林帶具有重大意義。而如今T. Д. 李森科也非常重視它。

李森科曾寫道「在草原區與森林草原區……應該很好的營造護田林帶，因為它與B. P. 威廉士所創造的草田輪作制是不可分割的一環」。

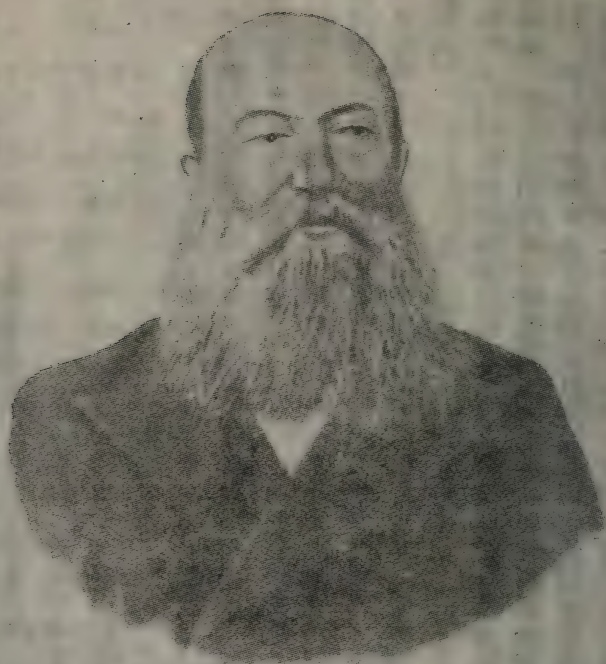
由此可見，俄國的科學與實踐是發展草原造林的創始者。然而真正發展草原造林還是在偉大十月社會主義革命以後。

根據斯大林同志的報告，在黨十七次大會上通過的決議，就在全國大力展開造林與營造防護林帶的工作。僅僅在衛國戰爭前的十年內，在許多集體農莊的土地上，就營造了四十萬公頃的森林。

1932年10月20日蘇聯部長會議與聯共（布）黨中央通過了歷史意義的決議「關於營造護田林帶、實施草田輪作、建造池塘與蓄水庫以保證蘇聯歐洲部分的草原區與森林草原區高產與穩定收穫的計劃」。根據這個計劃，在最近十五年內在歐洲草原區必須營造八條國家護田林帶（每條長度均在數百公里以上）。在集體農莊和國營農場輪作區的交界土地上，在荒溪與浸蝕溝的斜坡上與沙地上必須營造六百萬公頃的護田林帶及其他有農業意義的森林。

造林可以固沙，同時在黑色暴風可能發生的地區也可造林，如在波羅的海沿岸的地區，沿岸的林帶就具有重大的氣候意義。分布在特里阿列脫山嶺上與巴庫里阿尼區域的森林，可以保護保爾造米、西米、蔡格維爾、達勃地區免受不良冷氣團的爲害。沿着阿扎里——依梅里津的山嶺的森林就保護了柯爾海特低窪地的花園，免受從山上而來的雪崩侵害。

森林與風的互相作用，必須要更深入的研究，愈早所進行的研究，愈只是普通現象一般的敘



M. K. Tolsky

第十一圖：M.K.土爾斯基

(3) 森林的密度：林木密集的森林是由耐陰樹種構成的，稀疏的森林是由陽性樹種構成的；

(4) 幼樹樹冠的分布：樹冠分布最廣的是陽性樹種。

特種方法。決定樹種與日光關係的特種方法大都是俄國學者們研究出來的。今按年代的順序列述如下：

M. K. 土耳其斯基和尼柯爾斯基的方法，或稱 Entlement 褪色法 (1881 年)，該法就在於測定不同程度的庇蔭對植物的影響，也就是研究庇蔭對生長上的影響。其方法是以植物的高度與乾物來計算。

在庇蔭的情況下，乾物質的重量要減少。如用間隔寬度相等的薄板蔭棚遮蔭，乾物質重量比松樹對照木（受充分日照的）減少五倍，比雲杉對照木減少三倍，但庇蔭下的地上部分的長度是增加的。

遮蔭下松樹根系（主根與側根）的長度減少了六倍半，雲杉減少了一倍。

土耳其基方法的缺點就在於只適用於幼小植物；而所獲得材料也不能充分的應用到成年樹上去。

J. C. 梅特維吉夫的方法（一八八四年）是按照所謂相對高度來決定喜光的程度。相對高度為樹木高度與其直徑的比例。陽性樹種的相對高度較小，耐陰樹種較大。因為它們是在不同的庇蔭程度下生長的，所以相對高度不同。梅特維吉夫根據樹木庇蔭程度把外高加索的各樹種的相對高度都進行劃分。進而把樺木的相對高度訂為一，測出各樹種的對樺木相對高度的比例如下：

可以調節樹葉受光的強度；分析試管內空氣的成分就可以決定開始同化作用時光線的最低強度。從觀察的結果中，劉比曼柯把落葉松的需要量作為單位一，得到各樹種的光線需要量如下：

落葉松	—	1,0
洋槐	—	1,4
樺	—	0,7
松	—	0,5
椴	—	0,11
紫杉	—	0,09
臭松	—	0,08
小葉楊	—	0,05

劉比曼柯同時測定了在天然的最高的光線強度範圍內光的強度增加時，陽性樹種同化作用的能力也要增加。而耐陰樹種——只有在一定光線強度的範圍內是這樣，隨後就開始減低。此外，他又測定各樹種的葉綠素分量也與喜光的程度有關係：陽性樹種的葉綠素濃度較小，耐陰樹種則較大（表15）。

在同一樹種內由於情況不同葉綠素的數量也有變化。例如幼葉的葉綠素濃度比老葉較小。如果葉綠素濃度大，在光照弱時同化作用則強，而光照強時則情況相反。

劉比曼柯方法的缺點，在於他沒有用整個植物，而是用個別的葉子，甚至用半個葉子。而且所採用的葉子也沒估計到它從前發育時的環境（陰暗處的或是在受光處的）。此外，作試驗用的

各種植物的葉綠素量
表15

樹種	葉綠素量 每公厘葉片 (克)
針葉樹	
1. 耐陰樹	
漿葉紫杉	2,41
西伯利亞冷杉	1,75
2. 陽性樹	
歐洲松	1,13
歐洲落葉松	1,15
闊葉樹	
1. 耐陰樹	
榛樹	4,80
小葉榆	4,40
2. 陽性植物	
砂地速生草	1,95
車前	1,80

葉子，其所在的環境中 CO_2 過多（最適合的 CO_2 的含量為0.05%）。在大氣中 CO_2 有0.03%，而在劉比曼柯的試驗中 CO_2 的含量是4.36—8%。最後，還沒有注意到光線的強度。

測量相對高度應在相同的條件下進行。相對高度首先要按照生長級與立木的密度來決定。例

如稀疏的松林的相對高度是24.9，稠密的松林是126，同
樣情況下雲杉是31.8和130，水青岡是38.4與157.5。

幼齡樹木的相對高度大，老齡——較小。在烈風與嚴

寒氣候的條件下樹木的相對高度也小。

林學家蘇洛日（1891年）的方法為測量葉子橫切面的

1.	樺木	—	1,000
2.	松	—	1,333
3.	白臘木	—	1,400
4.	山楊	—	1,598
5.	橡樹	—	1,615
6.	椴	—	1,747
7.	千金榆	—	1,889
8.	雲杉	—	2,000
9.	水青岡	—	2,058
10.	臭松	—	2,250
11.	紫杉	—	5,795

柵狀（柱狀）組織與海綿組織。柵狀組織愈厚證明喜光性愈強，柵狀組織愈薄則喜光性愈弱。同樣地海綿組織數量大證明是耐陰樹，海綿組織數量小則相反。例如在受光葉的切面上，柵狀組織與海綿組織的厚度在疣皮樺是100和65%（一等于千分之一公厘），山楊是100和53，歐洲橡樹119和66，小葉椴77和55。同樣這些樹種在陰暗處的葉子，柵狀組織與海綿組織的厚度是相等的：歐洲樺是56和56，山楊是63和53，歐洲橡樹是77和51，小葉椴是0和30。

蘇洛日法的缺點是在選擇研究用的葉子時很少注意：葉子與立地條件、光照的程度及不同方向光照的情況。

喜光程度不同的植物在解剖方面，不僅其柵狀組織與海綿組織的比例不同，而且在導管的發育上也有區別。由於這個緣故，耐陰樹水分蒸發比陽性樹為少，耐陰樹的維管束也較不發育。

B. H. 劉比曼柯的方法，是測定可能進行同化作用時的光的強度。爲了這個目的，他設計了特製的儀器，這儀器是有孔的箱子，孔的大小是可以在0—100平方公分之間變更的。

在箱內放着裝有各樹種葉子的試管，管內的葉子是已切碎，在水裏浸着。試管內的空氣成分是一定的，其總量爲五至十立方公分。試驗時在試管內含有4.36—8%CO₂。調節箱子的孔的大小，就

和耐陰樹種——雲杉、冷杉、紫杉。

M. K. 土耳其基按照樹木對光的需要量列表如下：

1. 落葉松
2. 樺
3. 歐洲松
4. 山楊
5. 柳
6. 橡樹
7. 白臘
8. 楓
9. 黑赤楊
10. 山榆
11. 克里米亞松
12. 白赤楊
13. 椴
14. 千金榆
15. 雲杉
16. 水青岡
17. 冷杉

H. C. 聶斯切洛夫提出了另外的排列如下表：

1. 洋槐
2. 落葉松
3. 白臘
4. 樺
5. 楊屬（白楊、黑楊、西伯利亞楊）
6. 歐洲松
7. 雅伏楓
8. 橡樹
9. 側柏
10. 山榆
11. 紫杉
12. 冷杉
13. 水青岡
14. 板栗
15. 千金榆
16. 尖葉楓
17. 椴
18. 雲杉

另外根據蘇洛日、土耳其基、劉比曼柯、梅特維吉夫等著作，列出各樹種對光的需要量如上，這些表在上面已經述過。

蘇聯中部地帶最適合的是土耳其基分級法。

目前在林學方面把所有樹種都認為是程度上不同的陽性樹種，而只有少數是耐陰樹種。因為他們認為沒有喜陰樹種，也就劃分不出喜陰樹種。對於這種見解是不能同意的。我們根據李森科院士植物發育階段的學說，在鬱閉度不同的母樹林冠下，曾經研究過雲杉、松、橡樹的幼樹發育。

這些研究說明了，這些樹種像雲杉、松甚至橡樹以及其他一些樹種，自其生命開始，就不僅

維士涅爾的方法。維也納生理學家維士涅爾在1907年出版的著作中敘述過他的方法。他是根據樹冠的內部光線的強度來決定各樹種的喜光性，他認為樹冠內部沒有葉子，是光線強度不足的原故。他利用布齊與羅斯柯的方法用照像紙和記秒表來測量光的強度，在樹冠外表即「出新葉部份」，與樹冠內部即「看不見新葉部份」範圍內，其光線的強度就表現為植物發育所必需的最低的光量。維士涅爾把最低光照量與白天最高量的比例，叫做相對光源。例如：紫杉的相對光源是

$1/100$ ，水青岡是 $1/80$ ，大葉楓是 $1/65$ ，椴是 $1/40$ ，臭松是 $1/35$ ，雲杉是 $1/32$ ，歐洲橡樹 $1/26$ ，

山楊 $1/11$ ，歐洲松與虎皮樺 $1/9$ ，歐洲白臘、落葉松與洋槐 $1/5$ 。

維士涅爾方法的缺點，就在於他只計算從方霍甫氏線D起到紫外線為止的所謂化學光線。然而其他在照像紙上不能起作用的長光波的光線，就沒有計算。其實這正是植物所吸收的光線。

1932年Л. А. 依萬諾夫與Н. П. 高斯索維支的方法。為當呼吸作用與同化作用平衡的進行時，根據光線強度來決定耐陰性。即是同化作用所分泌出來的氧，可以完全為呼吸作用所吸收，呼吸作用所排出來的二氧化碳，可以完全為同化作用所吸收。

根據這樣研究把最喜光到最耐陰的一些樹種排列如下：柳、落葉松、松、橡樹、樺、榆、山榆、冷杉、楓、椴。

應當指出，各樹種吸收光譜上各種光線的數量亦不同。陽性樹種吸收紅光較陰性樹種為少，而吸收青光、藍光、紫光更少。

森林對光的需要量

俄國林學家們早在十六世紀到十七世紀即已將樹種分成二類：陽性樹種——樺、松、落葉松，

在生長。樹木在庇陰生長時期或林冠下生長時能延長莖部，能減少乾物質的含量，能使葉子的長度增加及改變葉子的構造。濕潤空氣可以引起植物出現耐陰的特徵。風能使植物蒸發增加，也就引起植物呈現受到光照的特徵。

因為光能阻碍植物的生長，所以單方向日照可以引起樹幹的彎曲：光照面生長較慢，以致樹幹向有光的一面彎曲。同樣地根據這個原因，受有遮陰的樹枝成水平狀，頂枝與主幹成銳角，下部枝條與主幹成直角。而彎倒樹木的枝條則成新的姿態：正午時這些樹枝由樹幹向外彎曲，而傍晚時向內彎曲（向日性）。

喜光植物同樣地因土壤性質而有變化，良好的土壤上喜光性減少，而在瘠薄的土壤上喜光性增加。但這種傾向還沒有以試驗方法來證明過，因此還須加以證實。

森林對樹冠下光線的影響

由於照在森林上面的光線，反射出20—25%，接受35—75%的緣故，林冠下的光線情況與無林地的光線情況完全不同（圖12）。林冠下的光線只佔到無林地日照光量的5—10%，同樣光線的組成也不一樣。

光的特性是隨着由林冠外表到林冠內部、到林冠下部而逐漸變化的。

林冠下的光線包括穿過葉子間隙的光線與透過葉子的光線。研究林冠下自然現象之所以必要，這是因為所有各層的，甚至最高層的林冠，都是生活與生長在這種自然現象裏。

根據一九二九年八月在沃龍涅什州實驗林場中研究，在不同鬱閉度的橡樹林中光線強度，所得的材料如下（以完全受光區的光強度為100）：

是耐蔭的，而且是喜蔭的。

莫斯科州的雲杉幼樹是在母樹林冠鬱閉度不是爲0.4或0.5的情況下，而是在0.8的情況下，才發育良好、強大而旺盛。因此在頭八年中雲杉幼樹無疑地可以並且應該稱爲喜蔭樹，其次，我們對幼樹發育尚未研究，譬如說這種喜蔭時期或喜蔭階段能延續多久，現在我們還不能斷定，但是很明顯，喜蔭階段根據條件不同，可以延長到10—20年。

西伯利亞帶狀松林的幼樹的喜蔭性，可以保持到五年。土拉禁伐林中的幼橡樹的喜蔭性可以保持到三年。

因此，我們所舉的這些樹種在不同的發育階段，對光線的要求都是不同。現在我們將樹木發育的性質分爲兩個時期：1) 在濕潤的空氣與穩定的溫度條件下，爲陰暗發育時期，2) 在裸露的情況下爲光照發育時期。

樹種對光的要求依照不同的因素而有強烈的變化。

喜光性按年齡與其他的特性而不同。老齡樹比幼齡樹要喜光得多；萌芽苗比實生苗要喜蔭得多。

氣候也有重大的意義。氣候愈好樹木愈不喜光。

在南方，樹種就比較耐蔭，而在北方就成爲比較喜光的。顯然，這與溫度需要量是有關係的。要求光的多少，是依照分佈的地理上的緯度及海拔高度而有變化。山愈高而喜光性亦就愈增強，因爲光線中所含的熱量較少。

由於需要熱量，喜光的程度在一年中也有變化。根據H. C. 聶斯切洛夫的意見，植物對光的需要量從春季到中夏（即到生長停止時）是逐漸減少，因爲在這個時期中葉子（感光器管）正

可以確定的說，森林不僅能改變光的強度，並且也能改變光的成分。因為森林，按照組成，年齡，一天中的那幾小時、季節與地理位置而吸收不同分量的各種光。除此以外，林冠下光的成份，由於樹種不同，而有很大的差別；至於光線改變的程度，要按林木的特性、成分、外形、鬱閉度、年齡等而定。

森林是在這樣已被改變的光線下生長發育的。而首先受這種影響的，就是新的一代——幼苗與幼樹。因此研究林冠下的光線是有重大意義的。

樹種對光線的關係與植物其他特性之間在生物學上的關係、林內光線的調節

陽性樹種（如樺木、山楊、落葉松）與喜陰樹種的區別是種子小與常結實。陽性樹種的樹皮厚而粗糙；不怕霜害與日灼（橡樹、落葉松、松、樺木、山楊）。而耐陰樹的樹皮薄而光滑（冷杉、雲杉、水青岡）怕霜害與日灼。

幼齡時陽性樹種一般的說，陽性樹種較耐蔭樹生長快，如山楊、樺。

陽性樹種一般來說，木材中有心材（橡樹、落葉松、松等），而耐陰樹種（臭松、雲杉、水青岡等）沒有心材。

陽性樹種的葉子葉綠素濃度小，柵狀組織較多，海綿組織較少。

陽性樹種由於種子輕、數量多、能自由地散佈在適於發育的空地上，不怕旱風及溫度的變動。由陽性樹所構成的森林，天然稀疏很快。在混交林中，就是其他的條件都相同，陽性樹種也可以由同一層的，或由較低一層中的耐陰樹種中鑽出去。

如果陽性樹種是一級木的話，這樣陽性樹就造成適於耐陰樹種的條件，而形成混交林。

裸露區的全光量 100%

從林冠反射出的光佔 20-25%



林冠阻留的佔 35-70%

透過樹冠的光佔 5-40%

圖十二：森林中光線分配圖

根據 M. И. 薩哈洛夫在 1938—1939 年中在布良斯基林區的研究，夏季不同林型內的太陽輻射光量如下（以完全受光區的輻射光量為 100）：

鬱閉度 0.9——5-7
鬱閉度 0.7——12-13
鬱閉度 0.3——50

松樹——地衣苔類林，90 年，鬱閉度 0.6，無下木……39.8
松樹——越橘林，略有雲杉幼樹與花楸屬下木，110 年，鬱閉度 0.7……24.9
松樹——烏飯樹林，鬱閉度 0.6，第二層林為雲杉，並有少量下木，鬱閉度 0.5……9.5
松樹——毛利尼林，鬱閉度 0.7，第二層為雲杉，鬱閉度 0.3，少量下木……16.2
松樹與榛樹混交林，110 年，鬱閉度 0.6，第二層雲杉與其他樹種，鬱閉度 0.4，下木榛樹花楸、衛矛……10.0
松樹與椴樹混交林，鬱閉度 0.8，第二層林的鬱閉度 0.2，並有下木……11.2

由上我們能看到，被森林所阻擋住的光量百分數很大。

1. 具有堅硬外殼的、厚樹皮、白色樹皮、薄膜及其他類似的特徵時，就可以證明這種樹木有耐極限溫度的能力，但完全不能說明，各樹種不同發育階級的最適溫度。

2. 在不同溫度的條件下進行教養植物，能幫助測定植物的溫度特性，但這方法是很複雜的。

3. 物候學上的觀察（即觀察自然界中的溫度狀況）是林學家們所採用的有價值的方法，但需要很長的時間。

4. 由地理分佈也能判斷各樹種的需要溫度與耐溫力。

Г. Ф. 莫洛作夫提出了如下的分級（自喜溫樹種至耐寒樹種）：

栗 樹 蟻 榆 榆 松 松 松 楊 木 杉 杉 松 松

金 岸 利

洲

葉

1. 板
2. 橡
3. 白
4. 山
5. 千
6. 海 (P. pinnata)
7. 澳 地 利
8. 歐
9. 花
10. 赤
11. 樺
12. 冷
13. 雲
14. 紅
15. 落

但是上表並不足以說明喬木樹種的所有溫度上的特性，此表是以一般的觀察而不是以精確的測定為基礎，因此它只表示出喜溫度的程度，而不是極限溫度的耐力。

忍耐極限溫度的能力

喬木樹種忍耐冬季嚴寒、早霜、晚霜與夏季日灼是不同的。有些樹木在冬季很耐低溫，在零下50.0—60.0仍能生活。於低溫條件下由於在細胞間結成冰，往往會引起細胞的死亡。冰可以拉走細胞內的水分，使細胞內缺水，並給細胞以機械壓力，而引起蛋白質凝固以致細胞死亡。但形

在陽性樹種森林內，要形成有良好的草本覆蓋物，分解森林地被物的作用就進行的很快。如果形成濃密或稀疏的林冠就要改變光的環境，因此生長的好壞及速度也都要改變，進而幼樹的質量也要改變。

森林與熱量

熱量的意義

樹木爲了本身的發育，需要一定數量的熱量，且在一年中適當的時期內，需要適量的熱量。在 0°C — 40°C 至 150°C 範圍內，都可以進行同化作用，但進行最盛的時候是在 30°C — 35°C 。各樹種同化作用的最盛點與適度點並不相同，但大多數樹種是在上述範圍以內。自發葉到葉子變黃期稱爲營養期。營養期是依每日從早到晚平均溫度在 10° 以上的時期來決定，但也並不是肯定的。各發育階段（種子發芽、綠色部分發育及開花）開始的溫度不同，例如：大多數樹木的種子，在 0°C 以上就開始發芽，在 6°C 以上就可以發出莖葉，但開花總要在 15°C 以上。

歐洲松、山松（*P. montana mill.*）、白松（*P. strobus*）與西伯利亞紅松的根與幼芽在 5° — 6° 開始發育；但冷杉、雲杉、落葉松的根——到 5° — 6° 開始發育，但幼芽要到 7° — 10° 才開始發育。水青岡與山楓的根在 2° — 3° 開始發育，而幼芽在 5° — 7° 才開始發育。極限溫度總是有害地影響着樹木的。

研究各樹種對溫度的需要量與耐溫力的方法

各樹種的溫度需要量與耐溫力可以用各種方法來決定。

林冠下的氣溫狀況與調節氣溫

我們已經講過林冠下的氣溫變化很大。愈向林冠內部與林冠下深入，則氣溫狀況變化愈大。

夏天（受熱時期）林內的氣溫較空地低 3° — 10° C，而在冬天（散熱最強的時期）林內的散熱較空地少 0.1 — 0.5° C。

根據林區氣象台在1905—1938年中在布佐羅克松林所得的材料：林中草地上的年平均氣溫是 $+3.4^{\circ}$ C。根據草原氣象台1914—1938年的材料在松林附近的草原，年平均氣溫是 $+3.7^{\circ}$ C。換言之，森林內多年平均氣溫，較無林草原低 0.3° C。

根據莫洛作夫的材料，林中土壤的平均年溫較田野內的土溫低：在雲杉林地內的土溫較低 2° — 3° C，在橡樹林內的土溫較低 1.5 — 3.5° C，在闊葉樹林內的土溫較低 0.7 — 2° C。因此，林內溫度的變動較草原為小。正因為如此，林內幼樹不易遭霜害與日灼。

根據Л. Ф. 羅道維支在森林工業學院的公園內的觀察，當受熱時，溫度最高處是在樹冠的表面；而樹冠表面的以上和以下均較低。當散熱時，溫度最低處往往是在樹冠表面；樹冠表面以上和以下的溫度則較高。正如橡樹樹冠表面的嫩枝之所以受凍害特別厲害。

因而可以得出結論，林內的年平均氣溫比空地上年平均氣溫較低 0.1 — 0.3° C，而林內的年平均土溫比空地的年平均土溫較低 1 — 3° C。森林影響受熱的作用，較對散熱的作用更強。夏季溫度的變化最大，其次是春季、秋季、最小是冬季。在裸露的地區不要栽植怕凍害的樹種，當將這些樹種栽植在林冠下時，則就可以避免受到凍害。

林內樹木開始生長較無林地為遲。根據С. Д. 奧霍略平尼（1909年）的觀察，松毬果的裂開在無林地為四月二十一日，在林內為五月二日，所需要溫度的總量：在無林地為 60.1° ，林

成各種保護物，主要是形成糖分，就會大量減輕蛋白質的凝固。如果白天是 $10^{\circ}-15^{\circ}$ 。到夜間逐漸降低到 0° ，那末乾冷時候木本植物內部的澱粉就可以變成葡萄糖，以禦凍害。因此，春秋二季如果是驟然的下霜，就是零下 $1^{\circ}\text{C}-3^{\circ}\text{C}$ 特別在 $3^{\circ}\text{C}-5^{\circ}\text{C}$ 時樹木也可能死去。在嚴寒的情況下，樹皮易裂的樹種，特別是橡樹，就易產生裂縫，也就是樹木的凍裂痕。凍裂痕的發生，係由於木質部外部受冷早，引起自周圍向內的壓縮，但內部木質部體積收縮較小，遂致破裂。

各種樹木對晚霜與早霜的抵抗力是與樹皮的厚度有關係的。薄皮樹種（雲杉、冷杉、水青岡）受霜害大；厚皮樹種（松、落葉松、山楊、樺）——受害小；樹皮厚度通常是與樹種的喜光性有關的。

樹木乾燥的部分通常抗寒力較強。例如多汁嫩枝與濕潤種子受嚴寒為害較大。乾燥種子就可以忍受零下 $30^{\circ}\text{C}-35^{\circ}\text{C}$ 低溫。

由溫暖地區遷移到寒冷地區的樹種，通常對秋霜是敏感的，因為它們在秋季以前尚來不及木質化。反之，從寒冷地區移到溫暖地區的植物，由於在未完全脫離霜期時就已開始萌動，因而易遭霜害。

按照對霜敏感的程度，特別是秋霜，有些研究者將樹種分為三類：敏感強的——白蠟、冷杉、水青岡、雲杉、高加索冷杉、板栗（*C. sativa mill*）、洋槐、胡桃；敏感弱的——楓、落葉松、松；敏感極弱的——赤楊、樺、山楊、花楸屬、歐洲七葉樹。

薄皮樹種的樹皮就是成年的，也可能遭日光灼傷。各薄皮樹種的幼苗（特別是雲杉的），常因日曬使根頸部倒伏而大量的死亡。

逕流	15	35
地下水	15	35
蒸發量	15	50
植物蒸騰量	20	40

降水量分散到空氣中與流失水的比例如下：分散到空氣中的（植物蒸騰 + 蒸發）佔35—

35%；流失水（地面的 + 土壤內的）佔65—35%。

例如蘇聯歐洲平原的平均年降水量為80公厘，流失水總量為156公厘，其中地表逕流為110公厘，而地下逕流為46公厘。總蒸發總量為334公厘，其中植物蒸騰量為80公厘，地面蒸發量為254公厘。以容積指數來算，年降水量若是160立方公尺，則蒸發量即為135立方公尺，植物蒸騰量則為80立方公尺，逕流則為33立方公尺，地下水則為15立方公尺。

春季流失水約佔全年流失水的72%。這個數字可作為一般的指數。由此可見春季的流失水量是113公厘，則其他季節的水流就為44公厘。

在森林環境中，影響水分平衡因子的大小，很明顯地是取決於森林本身的特性，與森林面積的百分率（包括組成、外形、年齡、鬱閉度、地位級與作為概括等級的林型）。這種影響水分平衡因子作用的大小也取決於土壤的條件（岩石與其構造，土壤的機械組成、結構與類型以及降水的特性、降水的頻率、強度、持續時間、季節）。

H. C. 聶斯切洛夫教授曾作出了一個很複雜的水分平衡的公式。公式如下：

$$O = N + N' + C + C' + P + P' + R,$$

O — 降水量，以及土壤吸收的水蒸氣；

N — 阻留在樹冠上降水的蒸發量；

內爲 143.3°C 。

年齡不同的森林影響溫度不同；同時組成、外形、鬱閉度等特徵不同時，也要影響到溫度。

森林與水分

森林對降水與降水的分佈有着很大的影響，同時由於它調節濕度，結果本身也受到影響。依據通常採用的公式，大陸水分平衡時的公式如下：

$$X = Y + Z$$

式內：

X — 降水量；

Y — 一定面積內流失的水量；

Z — 蒸發失去的水量。

最廣泛應用的水分平衡的公式，是俄國森林學家Г. Н. 維索茨基院士的公式：

$$Z = A + E + V + T$$

N — 降水量；

A — 逕流；

F — 地下水；

V — 蒸發量（譯註：包括地面、水面、岩面皆在內）。

T — 植物的蒸騰量。

根據各方面的觀察，我國的地理地帶內，各個水分平衡因素的變化範圍如下（百分比數）：

И' — 地面水分的蒸發量；

С — 沿地面流入河、海的流失水。

С' — 吹到及滾到臨近地點的雪；

П — 阻留在土壤內，不飽和的土壤水；

Р — 植物為生長與蒸發所吸收的水分；

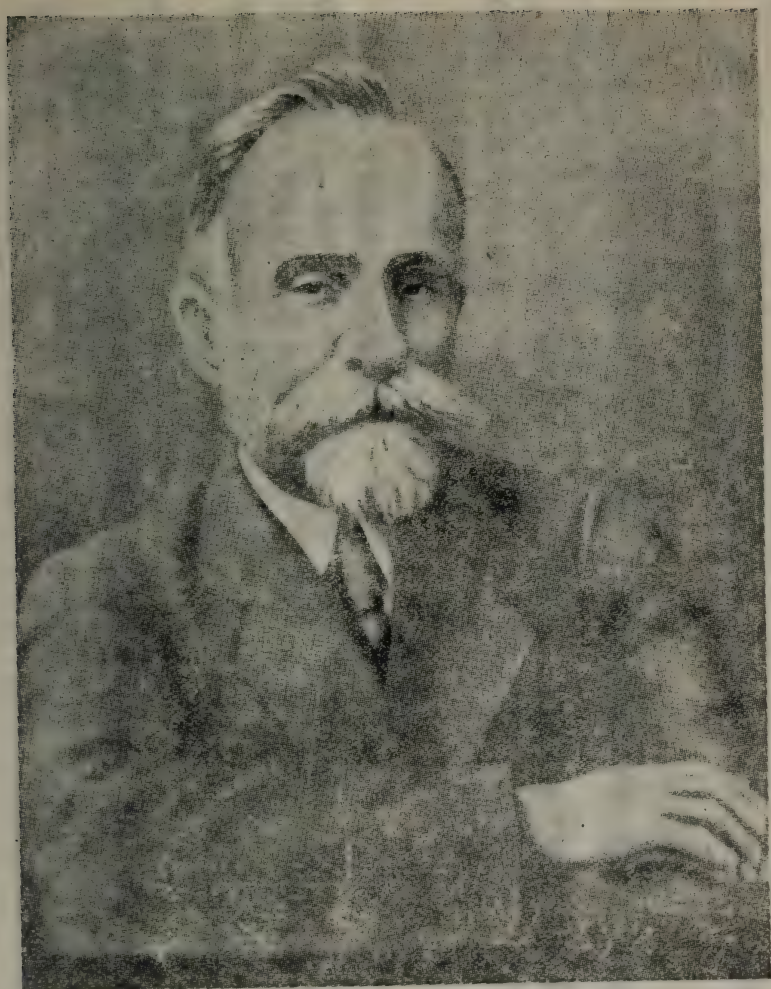
Г — 土壤內水分過多而流入地下水內的水分；

Ю — 透入深土層的流入自流水去的水分。

維索茨基的和聶斯切洛夫的一般公式，都沒有根據降雨的地點來指出雨水消耗的實際情況。而實際上，一個地區的降雨量的消耗並不是二種，也不是維索茨基的四種以及聶斯切洛夫的八種，而是三種：①蒸發到空去的（NC），②流失水（CT），③滲入土壤（ПB）。這三種現象，還可以細分。蒸發可分為：由樹冠阻留的水分蒸發（NI），自地面與地被物面上的蒸發（NI'）和吹雪量（CT）。流失水可以轉為該地水流之後再流出，這樣可以分為水流，蒸發水與滲入土壤水。滲入土壤的水分，又分為土壤貯藏水（ПB），補充地下水（Г），植物內貯存的水分（РB），植物蒸發的水分（П），與消失在深土層內的水分（ИB）。當這樣詳細的分析降水消耗種類後，森林內水分平衡的公式如下：

$$OC = NC + CT + ПB = NI + NI' + CA + CT + ПB + Г + Р + РB + TP + ИB$$

我們可以在（圖14）裏逐一的看到水分平衡的各種項目。



第十三圖：Г.Н.維索茨基

降水

對於森林影響降水的問題上存在着許多完全錯誤的觀點。

首先在這方面的現有研究中，必須指出 H. C. 聶斯切洛夫教授在季米略捷夫農學院林場所進行的長期觀察。

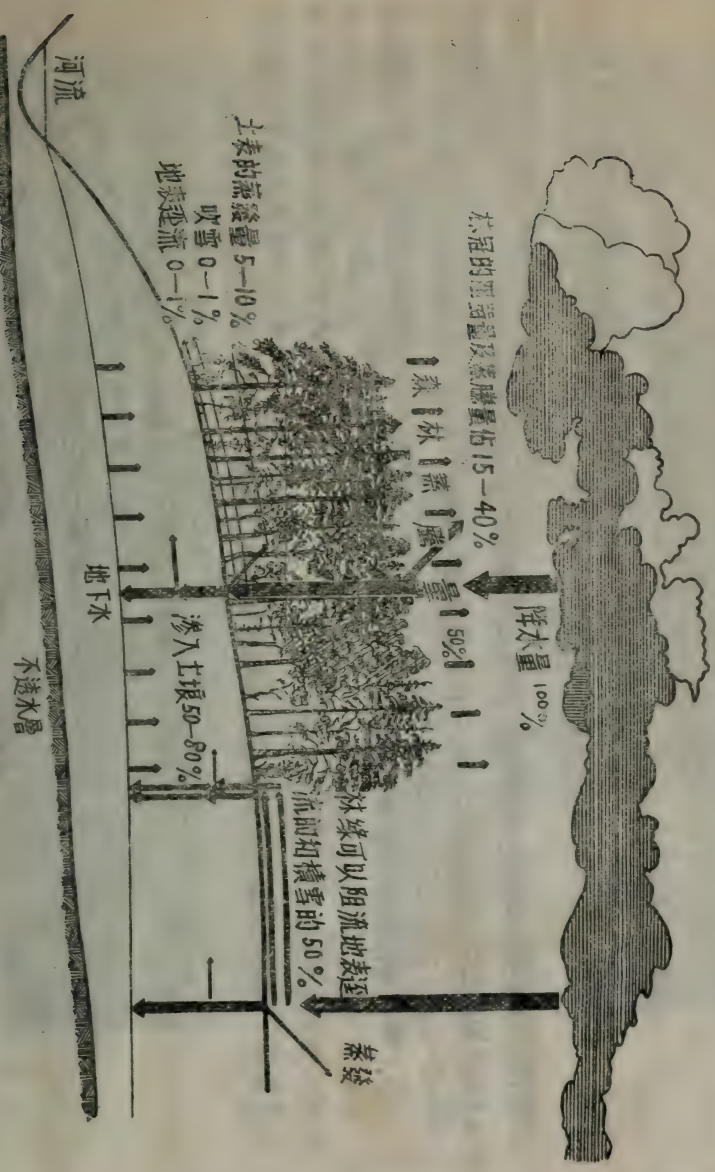
下述材料是經十八年（1903—1924 年）的觀察而集成的，根據這些材料，一年中林地的雨量較無林地為多的數字如下：

1907 年	—	為 19.2%
1908	—	14.2%
1909	—	26.8%
1910	—	12.4%
1911	—	3.8%
1912	—	25.6%
1913	—	23.6%
1914	—	16.5%
1915	—	26.5%
1916	—	13.8%
1917	—	5.8%
1918	—	8.6%
1919	—	21.3%
1920	—	15.1%
1921	—	21.1%
1922	—	23.3%
1923	—	16.6%
1924	—	14.4%
平均每年較多 17.4%		

一年中各季林地的雨量比無林地的較多（以百分率計）：

季	平 均 量	最 低 量	最 高 量
冬 季	54.2	20.8	81.7
春 季	13.1	0.0	46.7
夏 季	8.0	1.4	24.0
秋 季	14.8	0.4	27.7
林地雨量較無林地平均每年較多	17.4	3.8	26.6

林分調查



圖十四：森林調節水分平衡圖

無林地爲多。這些水汽提高森林上空的空氣濕度和促使凝結成新的雨水。

2. 由於林冠的冷卻作用與蒸騰作用增強的影響，在林內與森林上空都聚積着能促使更多的水汽凝結與形成降水的冷氣團。

3. 森林上空的下層氣壓較無林地上空的氣壓爲高，而在森林上空的上層氣壓就較無林地上爲低。因此夏季熱天在森林上空易於形成新的降水。

4. 夏季熱天森林上空沒有上升的氣流，而有下沉的氣流，但無林地的上空就相反。因此森林上空的降水較無林地上空要容易的多，要充分的。

5. 森林自枝葉上放出大量的電，引起雲地放電，同時使空氣電解，促進水汽凝結。

以上這些就是森林上空大多數的雲都可以變成降水的主要原因。而當降落時，溫度降低，空中的水汽也就凝結而使雨滴與雪片增大，然後毫無阻擋地降到地面。但在無林地上空的雲只有少量能形成雨水，而當降落時雨滴與雪片受上升氣流阻擋而部分地或完全地蒸發掉。

霧的流動，就是含有小水滴的空氣的流動，當它在無林地上空流動時，水滴可以不受任何阻擋的繼續地流動。如果霧一碰到森林，他就被阻擋而流向地面，在低溫時就變成霜。因此特別是針葉樹林能阻擋住許多水分。

森林的表面面積較農田的表面面積爲大，特別當夜裏放熱時，放入空氣的熱量也就較農田表面爲多，因此森林枝葉的表面就特別冷，形成的露水也就較農作物莖葉上的露水爲多。根據這個原因，當上述森林中特別冷時，形成的霧凇、霜就較農田爲多。

但是，要更深入知道森林對降水的影響，就應該研究森林對各種起源不同的降水例如氣旋雨，對風雨，暴風雨，地形雨的各別的影響。

林地雨量超過無林地平均數的17.4%，這合絕對數字93公厘。一公頃上一公厘的雨量就合10000公斤。無疑問的，這些數字的正確性是不夠的，因為無林地上量雨器中的雨量已有部分被風所吹走。

Г. Н. 維索茨基院士在大阿納道爾觀察到樹木枝葉放熱，水汽就在冷卻的枝葉上凝結，與形成0.7—1.3公厘的霜（霧凇）。

有名的土拉禁林林務官莫爾夏諾夫，在禁林上空會看到有與馬蹄鐵相似的雲，它隨後就變成了雨。作者自己在1940—1945年夏季，也曾看到流近布佐羅克松林的雲，到布佐羅克就變成雨，的確這種雨並不大，但當雲到布佐羅克松林上空完全氣化而消失了的情況也是有的。

飛行員們確認在森林上空相當的高度內，氣壓是較低的。在其他條件都相同時，這種現象在客觀上能促使降水形成。在森林上空的極高處為下降氣流，而在森林上空的下層，氣壓確要比林中空地上空為高。

同時證明在森林上空的空氣濕度較無林地上空為大。空氣濕度提高了，形成的降水也就會增多。

另外由多方面的觀察還可以確定森林附近的空氣較無林地上空的空氣為冷，這同樣也可以促進水汽的凝結。進而證明了，在夏季熱天，森林的上空有下沉的氣流，這種氣流能促進雨滴落在森林上，但這時在無林地上空為上升的氣流，這種氣流能阻止雨滴落下特別是細小的雨，因而大量的雨滴就蒸發掉，不會達到地面。

森林對降水的機械作用大致概括分成如下幾點：

1. 森林能阻留降水，使降水不致順地面而流入河流，並且能使降水大量地蒸發到空氣裏都較

這就是說由於森林的作用可以減少洪水量14%。

莫斯科河春季的水流量平均要佔到全年水流量的12%，而莫斯科河流域的森林面積等於歐洲本原林地的面積。由此我們也可以將歐洲平原的春季流失水量也當作是全年流失水量的12%。

由上我們可以算出，當平原上春季的流失水量等於113公厘時，平均年流失水量就是113公厘。

我們已經測知，林地的春季流失水量是等於無林地的流失水量的0.86。因此，森林所涵養住的水量是：

$$\frac{113 \times 0.14}{0.86} = 18 \text{ 公厘}$$

如果在沒有森林的情況下，春天的流失水量將就是130公厘。森林在春天所阻滯的18公厘水分，到夏天才散到空氣中。這樣就可以改善大氣中水分循環的狀況。如果水分循環次數算為13.3次，那末十八公厘的水分合1公厘的雨量，也就是佔到全年降水量的0.8%。

假如蘇聯歐洲平原的年降水量共計為180公厘，那末如果沒有森林，我們就可以認為年降水量將不是180公厘，而是130公厘。

應用這種方法，我們就容易計算出，如果有了有一定面積的森林後，降水量將是多少。

例如：如果林地為100%（當然，實際上是不可可能的），那末減少春季的流失水量是：

$$N = 1 - 0.5 \times 1 = 0.5$$

如果春季流失水量等於113公厘，那末春季所涵養住流失水量，就是56公厘。假如水分循環為2.3次，那末就將可以增加降水量131公厘。

如果林地為27%，由森林所能增加的降水量就為31公厘。因此，假設林地為100%那末由森林就可以增加113 + 31 = 144公厘的降水量。B. B. 齊茲爾林克教授對於森林在水分循環中的作

$$144.5 - 41 = 103.5$$

氣旋雨是從海洋帶來的水汽，然後又由森林中的水汽加以增補，而後到涼爽的森林上空降落。

對流雨，即地方性的雷雨，在溫度高並有大量的水分蒸發的條件下所形成的。例如在草原或半沙漠地區的湖、河、灌溉水渠能蒸發出大量的水分。同時森林上空又由森林蒸發出來的水汽（一晝夜10—20公厘）來增補，以致森林使空氣在森林上空冷卻而形成對流雨。

鋒雨是由氣團與山坡相遇時形成的，這種雨在有林地區還要增強些，因為森林還能產生些水汽，而在夏季白天，森林又還可以使附近空氣變冷。

總之，由於森林要向周圍空氣發散水汽與減低溫度及氣壓，所以森林一定會增加雨量。但森林對雨量所發生的影響其變化很大的，可能每年有0—100公厘，要按降水的種類，森林的特性，森林的狀況而不同。

在這種情況下由森林作用所增多的降水不僅在森林上空降落，並且在森林周圍的無林地上空降落，且由於不同高度的空氣層經常都在調動着，因此森林上空的降水與森林周圍無林地的降水幾乎相等。

在一定的範圍內，森林對雨量增加所發生的影響，由簡單的計算就可以證明。應用Л. 索柯洛夫和高切林的方法，對於蘇聯歐洲部分的平原地區，我們就能根據下述的公式來計算春季流失水：

$$K = 1 - 0.6a$$

K — 林地的洪水量與無林地的洪水量之比；

a — 單位面積內林地所佔的百分比。

例如蘇聯歐洲部分的林地面積為27%，我們就可以計算一下：

$$K = 1 - 0.6 \times 0.27 = 0.86$$

從十六表我們可以看出，樹冠稀疏的陽性樹種透過樹冠下降的降水，要比樹冠密的耐陰樹種為多。

透過樹冠與沿樹幹向下降的降水，還要按降水的大小而不同：降下的愈大，透過樹冠與沿樹幹下降的百分數愈大。如果降水很小，降水就不能完全到達地面。各樹種平均阻滯降水量（以百分數為單位）如下：

落葉松.....15
 杉.....20—25
 松.....40—60
 臭松.....40—80

多年的觀察證明了，降雪量同樣有很大一部分堆積在樹冠上，同時也就要吹掉與蒸發掉。像Г. P. 愛吉琴所報導的，森林中及田野中、雪水的總量和田裏的雪覆蓋的厚度，十年中的平均數如下（表17）。

第十七表

覆雪的厚度與冬季水分的總量（根據Г. P. 愛吉琴的觀察）

視察地點	覆雪的厚度		冬季水分的總量	
	公分	%	公分	%
田地	42.3	80	107.4	82
林 中 草 地	38.1	100	131.0	100
樺 木 林	51.3	97	120.6	92
松 林	46.1	87	99.9	76
雲 杉 林	35.4	67	77.9	60

用曾做過更為詳細的計算。

現在年降水量為480公厘，若林地增加到100%，那末年雨量就應當是 $480 + 90 = 570$ 公厘。
無可懷疑，根據1938年10月20日蘇聯部長會議與聯共（布）黨中央委員會的決議，在我國草原上，大規模地進行造林，就會使草原上的降水量增加，並使草原上得到大量的水源。現在，在草原造林大規模的進行時，我們已可以漸漸成為風、雨的統治者。

林冠阻滯的降水量與蒸發到大氣中去的降水量

林冠所阻滯的一部分降水，經過蒸發又回到大氣去，這一點是很明白的。
要計算降水量，就應該在林冠下與田野裏置放雨量器。以下所得的資料就是應用這個方法所得到的。雖然這種方法很不完善，一部分的雨水要從放在田野中的雨量器中吹走，因為我們現在還沒有其他的方法，所以仍必須採用這個方法。

關於林冠阻滯降水的問題，還在十九世紀六十年代裏就已開始研究。

H. C. 聶斯切洛夫教授在季米略捷夫農學院的林場內曾經過多年的詳細研究。他多年觀察所得的材料歸納如第十六表：

表十六 樹種不同的森林所阻滯的降水量

樹種	阻滯在林冠上的降水百分數		
	1906—1910年	1911—1915年	1916—1920年
松	31.9	25.8	20.3
雲杉	38.9	44.5	45.6

上。但森林鬱閉度的大小對積雪並不起重大的作用。

橡樹林中的雪比田地上的雪融化要遲一個半星期。由這一點就可能大大地降低河床中的春洪。大部分的水分要進入土壤，而留在地表的水分，亦要隨着融化的速度而緩慢地流動。根據我們的材料，闊葉樹林冠上不能阻滯很多的積雪，因為要被風所吹走了。

總之，森林在林冠上阻滯着一部分降水。以後這部分降水中的大部分又可以由蒸發而回到大氣中去。但林冠所阻滯的降水量要按降水的種類與大小而不同，而且還要按這一森林的特性及其位置而不同，這種樹冠阻滯的降水量可能僅為百分之幾，也可以到60—80%，甚至有時可以到100%。改變森林組成、鬱閉度、年齡的結構，就可以改變在林冠上留滯降水的百分數，因此也就可以改變穿過林冠到森林內部去的降水百分數。這種方法也就可以依照人們的意願而增加或減少放入大氣去的水分與增加或減少供給土壤水分。

不論水分的增加與減少在經營上都是非常重要的，因為都要改變空氣與土壤中的水分循環，進而也就改變河流中的水分狀況。

降水由地表的蒸發

一部分降水穿過覆蓋植物到達土壤，而後又由經過土壤蒸發回到空氣中。林地及裸露的無林地對影響水分蒸發的研究可以藉助於各種蒸發器與液度計（為一個盛有土壤的圓盤，週期的稱量其重量）來進行。

全蘇林業科學研究院（A. A. 羅契山夫）於1939年在莫斯科州伊斯特林試驗站，觀察森林，林中草地與田地上的蒸發材料列表如下：

第十八表 橡樹林、林中草地與田地上的雪水總量
(據B.Γ.聶斯切洛夫的研究)

試驗地的號數	試驗地的特徵	鬱閉度	雪水總量
		透光百分數	單位公厘
1	四年生 幼橡樹	0.3/46	157.7
2	十年生 橡樹林	0.7/13	155.7
3	十五年生 橡樹林	0.7/12	172.3
4	十五年生 橡樹林	0.9/7	162.4
5	二十四年生 橡樹林	0.7/13	136.7
6	二十四年生 橡樹林	0.9/6	138.0
7	三十一年生 橡樹林	0.9/7	145.2
8	三十四年生 橡樹林	0.7/12	132.1
9	四十四年生 橡樹林	0.9/5	136.5
10	橡樹林帶中草地 170×120公尺	90	135.9
11	橡樹林帶中草地 30×70公尺	100	112.4
12	田地	100	108.1

由十七表可以看出，樺木中的雪水總量較松林多，松林較雲杉林多，雲杉林較田野的總量少。

由這一點當然也就可以說明：針葉樹的林冠上積聚着許多雪，然後這些雪又蒸發入大氣中。

因為雪不會吹走就落在森林上，所以在闊葉樹林裏，冬季雨水較多。而在田野裏很多的雪都吹到低地去。林中草地上的雪水量之所以最多；是因為林中草地上的雪沒有樹冠的阻擋也不致被風吹散。

1929年作者在沃龍涅什學院實習林場的橡樹林、林中草地與田野裏進行研究，曾經測定冬季雪水貯蓄量如表十八。

表十八說明了森林能積貯冬季的水分較田地為多。在橡樹林中雪水的總量超過田地上的雪水總量達20%以

的蒸發量。

5. 林地地表是較不堅實的，地表有蚯蚓、鱗翅目的幼蟲、鼯鼠屬、鼯鼠所挖掘的通道，這些通道易吸收大氣中的水分，而不易於發散水分。土壤中的毛細管是不易於接受空氣中的水分，而易將水分發散到空氣中去，但森林土壤中的毛細管很少。

所有以上各點對於森林的生活（森林的更新、幼苗與幼樹的發育、成年樹的生活、生長、成熟、結果、衰老及死亡）都有重大的作用。

調節森林的組成、鬱閉度、年齡的結構、外形等就可以按照我們希望的方向由本質上來改變林內水分蒸發的過程。

地表逕流

大部分降落到地表的雨水，一面來不及蒸發，另一面也來不及滲透到土壤中去，而要沿着地表流向深窪、侵蝕溝、小溪，最後流進河流中去。

根據 E. B. 奧波柯夫的觀察，德涅泊爾河（在基輔以上）降水流失係數佔年平均量 24.8% ，即德涅泊爾流域的降水 $\frac{1}{4}$ 流入該河內，其中是包括地下逕流 $\frac{1}{8}$ 與地表逕流 $\frac{3}{8}$ 。

經過許多試驗現在已經證明了，森林能減少春季洪水與使一部分水分變為土壤內部的水流，並使另一部分水分變成蒸氣而放入大氣。

簡單地說明如下：

1. 森林中的雪融化的較慢，所以大部分的水分都能慢慢地滲透到土壤中去，因而減少春季的水流。

第十九表 在林內、林中草地與田地上的蒸發情況

土地的種類	水分的種類	每 月 水 量 (公厘)						生內數 長的季總
		五月	六月	七月	八月	九月	十月	
雪 杉 林	水面的蒸發	31.4	46.6	45.5	58.3	21.6	8.9	213.3
	地表的蒸發	12.5	12.2	12.7	10.0	5.7	2.9	55.4
	雨 水	66.0	25.0	10.9	2.8	20.3	29.4	154.6
林 中 草 地	地表的蒸發	51	88.0	51.4	23.8	16.0	3.8	234.0
	雨 水	88.8	43.1	23.0	5.6	36.4	46.2	243.8
田 地	水面的蒸發	78.7	111.0	127.3	142.4	61.9	27.3	548.6
	地表的蒸發	63.3	68.9	38.3	14.7	18.0	5.4	208.5
	雨 水	88.3	43.4	23.0	5.6	36.4	46.2	243.8

從表19中可以看出，在莫斯科州的溫度中等的年份中，雲杉林內的地表蒸發量僅及田地的地表蒸發量的四分之一，林內水面的蒸發量僅及五分之一。

總之，由這些研究可以使人信服地說明森林內的蒸發量僅及田地上的幾分之一，此點可用下述的情況解釋：

1. 當在熱天進行水分蒸發作用時，林內的空氣較田地的為涼爽，氣溫較低 10° ；而地表層亦較涼爽，氣溫亦較低 1° ，因此就大大地降低蒸發量。

2. 林內空氣的濕度較農田濕度要高得多（通常要高 $10-20\%$ ），因而也就要大量地減低林內的蒸發量。

3. 當田地裏無論是在吹大風或小風，而在林內都幾乎是平靜無風。這就要大量的降低蒸發量。

4. 森林死地被物，非但可以迅速地吸收大氣中的水分，而且要減低自土壤毛細管而來的水分。

井水。在土壤的死物層中經常都保持100公厘以上的水分。

土壤能保持水分，是有特別重要的意義，因為森林的蒸發與生長，主要是依靠水分而進行的。

對於森林影響水分滲透入土壤及土壤中濕度改變的過程，都還研究的很少。

我國研究林內土壤濕度，最早者（一八八四年）中之一的威爾米山夫，及後來的依茲馬爾（1880年）都曾證明過在一定的條件下林內土壤的濕度比甜菜地與草地為低。

1891年Л. А. 勃利茲寧在舊名海爾松省進行過研究，證實了依茲馬爾所得出的結論。

1893—1893年Г. Н. 維索茨基在25年生的楓白蠟混交林地、草原、未開墾地、農閑地與五月休間地，觀察水分分布的深度，曾證明在愈空曠的地面，愈乾燥，秋耕地最乾，早而低的刈荒地次之，而高刈的農田再次之，而林內的地表最潮濕。在0.1—0.5公尺深的土層，則未耕地最乾燥，其次是農田、再次是森林、秋耕休間地；地表層以下的土壤，則以林地為最乾燥，其次是荒地、再次是農田而以秋耕休間地為最濕。

在大安納道爾地區，十月裏土壤的濕度對土壤重量的百分比是：森林地表是13.0，未開墾地是5.6，農田是9.7，休間地是3.5；在深為0.5公尺處，土壤濕度對土壤重量的百分比按上述順序是：15.1，14.0，15.4，19.5；到深為1公尺處為12.5，13.8，14.3，9.0；到深為二公尺處為12.4，15.0，15.3及16.3。在1公尺深的土層中，水分貯積量等於：林地是450公厘，未開墾地是473公厘，農田是303公厘，休間地是341公厘。

根據這些材料維索茨基證明了，土壤發生濕潤作用的深度為四公尺，再往下到地下水層以上的土層為所謂理想層，在這一層中全年的濕度都不會發生顯著的變動。

2. 林內土壤因爲腐植質的分解及積雪，所以土溫較高，凍得也就較淺，雪水就易於滲透到土壤中去，流失水也就減少。但在農田裏凍的較深，所以春季融雪水不能滲透到土壤中去，而反要流進河流中去。

3. 森林中的流失水被林木所阻擋而減弱。

4. 由於林中土壤的結構，善於吸收水分及減低地表逕流，所以實際上林內的流失水只能沿大道與小道而流出。

如能使地表逕流一部分變成地下水，另一部分蒸發到空氣中去，就可以改善河流中的水分狀況：即就可以部分地調節河流中的春洪及平均水位，使河流更適於通航。

吹雪

冬季一部分降水——雪——易被風吹動，沿斜坡滑入盆地、低地與侵蝕溝。特別是在仲冬溫度低於零下10°時，雪吹的最厲害，雪片由於互相磨擦而分散，因此也就更容易被風吹走。由於雪不能平均地覆蓋着田野，個別的農田就要裸露出來。森林中幾乎沒有吹雪的現象，且在森林的附近經常堆貯着大量的雪。

我國林帶的面積，現在是空前廣大的，因此就可以使農田上積雪增加，改善土壤內的水分狀況與提高農作物的收穫量。

滲透入土壤中與保持在土壤中的水分

如上所述，穿過樹冠及沿樹幹流下的水，一部分要經過蒸發再回空氣中去，一部分要沿地表流失，但是還有一部分要滲入到土壤中，保持在土壤中或滲入到土層下面去，增加地下水及自流

的濕度；另一部分是爲了蒸發到空氣中去，以便維持植物本身有一定的溫度。

各種植物的含水量有很大的差別。大家都知道，活的森林植物的含水量爲乾物質量的5—10%到300—5000%。根據我們的研究，喬木植株的含水量範圍爲30—100%或者更多一些，草本植物的含水量範圍平均爲100—200%（最低降到50%以下，最高到達300%以上）。綠苔的含水量範圍爲由8—10%到300—500%，地衣爲由6—8%到250—300%，沼澤地水蘚爲由50%（也有50%以下）到1500—3000%（也有達到5000%）。若每公頃生活的林木的木材爲500立方米，那末其中所含的水份就可能佔到150—300噸。若活地被物每公頃爲25—50噸其中的水分含量就可能佔到10—50噸（H. И. 柯斯菊吉維奇）。在中等氣候條件下一公頃植物的含水總量爲150—300噸，即等於15到30公厘的一層水分。

森林的蒸騰作用

如所週知，植物水分的蒸發叫做蒸騰作用，它的生理性能與普通物理性的蒸發是有本質的區別。普通的水分蒸發是一種物理作用，可應用達爾頓的公式表示如下：

$$V = K(F-f) \frac{760}{P} S$$

式內：V——蒸發量；

K——依風力轉移的擴散或蒸發係數；

F——於蒸發面溫度相同的溫度下的飽和蒸氣壓；

f——觀測地附近實際觀測到的蒸氣壓；

土爾斯基，特別是莫洛作夫曾進行許多林地與農田土壤濕度的研究。由他們的研究可得到這樣的規律：在其他條件都相同時，土壤濕度，是隨着土壤本身的特性與在土壤上生長的植物而改變。

初春土壤的物理性相同，都充滿着雪水，這時植物還未吸收水分，土壤的濕度都是相同的。以後，植物吸收水分逐漸顯著，而植物又可以保護土壤表面，避免乾燥，使根系分布地帶變成乾燥。到秋季，植物吸收水分活動停止，土壤濕度又重新成平衡狀態。當然，在自然界中如像土壤與植物都是有變化的，所有乾燥的情況都是變化很大的，但是總的聯繫要點就是這樣。

列舉所有土壤乾濕變化是不可能的，甚至將主要的土壤乾濕變化列舉出來，也是不可能的。但是下列三點是應該提到的，第一點，當沒有植物的情況下，地表的濕度以及整個土壤的濕度都要因土壤表層的堅實度與耕作情況，而顯著不同，翻耕過的土壤則含有的濕度較多，而蒸發較少；例如秋耕休閒地較未經翻耕過的土壤為濕。第二點，在大面積的森林地區，根羣不僅分布在表土，且分布到土壤深層去。因此與雜草地區相比較，表土較濕，土壤深層較乾。在這種地區，若將森林砍去則常會引起土壤沼澤化。第三點，在壇狀、小面積森林、特別是有林帶保護下的草原地區，由於積聚大量的雪與減低表土的蒸發，森林裏的土壤，通常不論表土或深土層比草原地區，都更濕得多，這種土壤就可稱為是水分的積蓄者及保藏庫。所以造林是可使土地變為濕潤的一種方法。

森林植物的含水量

喬木植物與任何其他植物相同，爲了其生存與發育，必須不斷地從土壤中吸收溶解無機物的水分。喬木植物吸收這種水分，一部分是爲了構成有機物；一部份是爲了維持有機物質有正常

$$V = K \frac{(E - f)}{(t' - f')} \cdot \frac{760}{P} \cdot S$$

式內 F' — 完全正常的土壤濕度。

t' — 實際土壤濕度。

然而上面的公式是植物蒸發作用要點的大概輪廓，並不能充分地說明蒸發作用的要點，因為我們已經指出植物蒸發作用還須按無機物質的條件，植物對無機物的消耗量以及其他因素來決定。

把這種現象簡單公式化時，可以說，蒸騰作用的過程係由兩種因素決定：(1) 氣候，(2) 土壤溫度，植物可以依照這兩個因素的情況來調節本身的蒸騰作用。根據在自然界中的觀察，可以認為，依據上述兩個因子而變化的植物蒸騰作用可由下述的曲線型式表現出來：

$$Y = ax + bz + c$$

上述公式可再加以改善列出如下：

$$Y = \frac{ax}{bz} + c$$

式內 y — 單位重量葉子的蒸發量；

x — 氣候；

z — 土壤中水分的補充量。

a, b, c — 常數

飽和差(d)或相對飽和差(t)為決定蒸騰量的最好的氣候指標。這個指標我們可以用來推測

760——標準大氣壓；

P——實際大氣壓；

S——蒸發面的面積。

這樣，蒸發量和最大限度的蒸氣壓力與現有蒸氣壓力之間的差數是成正比，即蒸發量與飽和差是成正比，同時蒸發量和蒸發水面的大小與大氣壓力成正比。蒸發量與水面蒸發溫度之間的關係，是直接的關係，這種關係在這公式的括號裏以飽和差來表示，這個飽和差的變化基本上是與溫度變化成正比的。達爾頓的公式把物理性的蒸發定律的本質清楚地反映了出來，雖然這個公式並不能在所有情況下都表示的很準確。例如，小面積上的蒸發量就不是與蒸發表面面積成比例，而是與其直徑成比例。但是達爾頓公式還是能很好的表示出蒸發的實質。

生理上的蒸騰作用與物理上的蒸發定律之不同，就在於植物是依靠着自己的狀態與吸水放水的條件而最大限度地調節着水分的消耗，例如，含有飽和水分與適量無機質的植物，其吸收水分與蒸發水分通常是正常的。水分與無機質含量均不充足的，已感到乾燥的，部分凋萎的植物，則吸水增強而蒸發減弱。水分與無機質的含量均達過飽和的植物（如果有這樣的情況），就要減低自土壤中吸收水分的作用，而增加了向大氣的蒸發。

如果土壤濕度大，自然地植物就要從土壤中吸收大量的水分。與此相反，如果土壤乾燥，植物吸收水分就要減少。

如果空氣濕度大，植物的蒸騰就弱；如果空氣很乾燥，植物的水分蒸發就增強。由此可見，假如我們想應用達爾頓的蒸發公式，在土壤水分不足的情況下，就應以修正係數代入公式。其公式應如下：

1. 按照植物的外部特徵可以判斷植物的蒸發量：假如植物有緊密的外皮保護，具有毛、臘質層、揮發油、方便調節的葉子排列、容易調節大小的氣孔，那末這些植物本身就能防止過度的蒸發，而時常將蒸發減弱。但是必須說明，自然界中方式類似的嚴格關聯畢竟沒有，根據外表的特徵來決定植物蒸騰量也是困難的。

2. 由物候學的觀察可以給於我們某些植物水分需要量與消耗量的有價值的推論。根據植物對乾旱與雨水的反應，我們就能推斷植物水分的吸收量與蒸騰量，但這種推論也不過是一個大概。

3. 觀察植物地理分佈，可以給我們一個關於植物需要與消耗水分的概念。例如分佈在卡查赫斯坦乾燥的半沙漠地區的梭梭木就很少需要水分。分佈在阿爾明尼亞乾燥的山坡上的圓柏屬為乾燥植物。分佈在潮濕地區的赤楊有喜水的特性。

松樹既能生長在最乾燥的環境下，也能生長在潮濕的地區，這證明松樹對水分的需要量變異性很大。山楊僅能生長在溫度中等的或濕度稍高的環境裏，這就說明山楊是中等喜水的樹種（所需水分與消耗水分均為中等）。用分析喬木樹種地理分佈的方法，就可以對各樹種喜水性得到正確的概念。

根據已有的觀察，可以編成樹種對水分關係表。

M. K. 土耳其根據我國各樹種的喜水性排列如下：（次序為漸減的）

- | | | |
|-----|-----|---|
| 1. | 黑赤楊 | 楊 |
| 2. | 白臘 | 臘 |
| 3. | 楓 | 楓 |
| 4. | 水青岡 | 岡 |
| 5. | 千金榆 | 榆 |
| 6. | 檉 | 檉 |
| 7. | 根 | 根 |
| 8. | 橡 | 橡 |
| 9. | 山楊 | 楊 |
| 10. | 雲杉 | 杉 |
| 11. | 冷杉 | 杉 |
| 12. | 落葉松 | 松 |
| 13. | 樺木 | 木 |
| 14. | 松 | 松 |

П. С. 波格來勃涅克對各樹種的喜水性分為下列各組。

森林地被物的濕度及其發火點。作爲土壤情況的指標時，最好是應用雨水量來作爲土壤中水分的補充量（ z ）。

所以，假如我們要決定一公斤葉子的蒸騰量，以 x 代表每天十三小時水分飽和差（毫巴），以 z 代表降雨總量（公厘）來作爲土壤中水分補充量，那麼在蘇聯中部地帶松樹（大塊林中的1株）十天的蒸騰量如下：

$$Y = 100a + 17b + c$$

式內： c —植物最低蒸騰量，在已知的情況下約爲3公斤；係數 a 0.10， b 0.20；十天中雨水的總量爲十七公厘；10天中每天13時的飽和差爲一百毫巴。

由此得出： $Y = 0.10 \times 100 + 0.20 \times 17 + 3 = 16$ 公斤
一個月內的植物蒸騰量是：

$$Y = 0.10 \times 300 + 0.20 \times 50 + 3 = 43 \text{ 公斤}$$

引用到橡樹

則 $Y = 0.5x + 0.30z + 3$

10天就爲：

$$Y = 0.15 \times 100 + 0.30 \times 17 + 3 = 23 \text{ 公斤}$$

應用在到樺樹方面：

$$Y = 0.25x + 0.50z + 3$$

以上公式僅能爲森林蒸騰量數字近似值。然而這些公式在闡述蒸騰過程的本質上是很重要的。測定植物蒸發量的方法是各種各樣的，列舉如下：

關係直接與水分吸收量成正比例。

這種方法僅能對水分的消耗量給我們一個大概的觀念，但對於各樹種與土壤水分的關係，完全沒有給我們任何觀念。當葉內的水分大量地蒸發到空氣中時必遺留大量的灰分物質，所以根據這種方法遠不能說明植物的蒸騰量。

7. 要測定各樹種對水分的關係，可以把喬木植物放在盛有水的容器裏，在各種蒸發情況下，經常稱量盛有植物的容器的重量。爲了不使水分從水面蒸發掉，因此這些容器應緊密地封閉着，那末這些容器內所失去的重量就僅僅是植物蒸發作用所引起的。由每平方公尺的葉面上水分失去的克數，我們就可以得知植物的蒸發強度。

這種方法的缺點，就是把喬木植物放在淨水裏，而不是在土壤裏。此外，研究所用的只是幼樹，而我們希望研究的是各種年齡的喬木與水分的關係。

8. 研究各樹種對水分的關係時，可以把各樹種培養在有土壤的容器裏，澆水與系統地稱其重量。爲了避免土壤過度發熱，這些盛有植物的容器還需要再將他放進第二個容器去。外部的容器要緊密的封閉着，僅留出兩個孔一個爲樹幹通過用，另一個爲澆水用。

測出一年中每公斤乾物質蒸發的水量（單位公斤），就能得出植物蒸發量的指標，亦即植物蒸發係數。

山楊幼樹的蒸騰係數爲每公斤乾物質約蒸發90公斤水分，白蠟——約85、樺木——約80、橡樹——約65、雲杉——約50、松——約40公斤。

將樹種的蒸騰係數與草本植物相比較，我們就可以看到雜草的蒸騰係數約達300、小麥——約達500、春黑麥——爲100、苜蓿爲——1000。

乾生植物：梭梭木 (*Holoxylon* L.)、圓柏屬 (*Juniperus* L.)、黃連木屬 (*Pistacia*)、歐洲松、巴克斯松 (*Banksiana* Lamb.)、克里米松 (*P. Pallasiana* Lamb.)、櫟 (*Q. Pubescens* Willd.)、千金榆屬 (*Carpinus orientalis* mill.)、胡頹子屬、草原灌木、洋槐、樺樹屬 (*Alnus* Dest.)、梨樹；

乾生——中生植物：橡樹 (*Quercus robur* L.) 和 (*Q. Sessiflora* Salisb.)、樺木、韃靼楓、尖葉楓、歐洲楓、榆 (*Ulmus, foliatae, Gilb*) (有各種生態型)、皂莢、歐洲甜櫻桃、蘋果、

中生植物：椴、千金榆、白蠟(陸地生態型)、胡桃、西伯利亞落葉松、板栗屬 (*Castanea*)、水青岡、臭松、疣樺、白松 (*Pinus S.robis* L.)、雅伏爾楓、山榆、黃櫨、榛子、接骨木、

中生水生植物：榆、稠梨子、楊、柳 (*Salix Pallasiana* Lamb 和 *Уба Себедриса* 和 *Salix fragilis* L.)、毛樺、灰山楊、藥炭鼠李 (*Rhamnus fragula* L.)、

水生植物：黑赤楊 (*Alnus, Glutinosa*)、白蠟 (水生生態型)、水生柳 (*S. Cinerea* L.、*S. auria* L.)。

4. 用烘乾葉子的方法，測定葉子在一定時間內失去的重量，就可以在在一定程度上判定樹種的水分需要量。

這種方法的缺點，就在於切下的葉子的蒸騰量與植株上的葉子的蒸騰量並不相同。

5. 樹種與水分間的關係可以根據葉子內水分的多少來決定。

但是這種方法是不大可靠的。因為這種方法最多是證明水分的需要量，而樹木對於土壤水分的嚴格要求的證明就很少。

6. 在一定程度上，喬木植物對水分的關係，可以根據葉子內所含有的灰分來測定。推想，這

表二十 在莫斯科州塞爾布靈區的幼齡林蒸騰表（根據克拉蘇林的材料）

與植物蒸騰有關的項目	松樹—地衣林每公頃喬木 9900株		松樹—越橘林每公頃 喬木9500株		河灘地的樺木林 每公頃喬木1730株	
	六月	七月	八月	七月	八月	七月
一株喬木的葉量（風乾重，單位克）	208.1	174.5	194.5	392.2	515.5	577.0
每公頃喬木的葉量（單位：公斤）	196.0	173.0	193.0	372.0	490.0	133.0
每天下午一時蒸騰水分的平均量佔葉子風乾重的百分率	40	16	10	20	10	20
一天一株喬木的蒸騰量（12小時內，單位克）	99.9	33.5	23.4	94.1	61.8	184.8
一天內每公頃立木蒸騰量（單位：公斤）	988.0	330.0	231.0	894.0	587.0	319.0
同上，單位以公厘計算	0.9	0.3	0.2	0.9	0.5	0.3
						0.2

克拉蘇林的研究（表20）證明了，植物蒸騰量大小不單決定於樹種，而特別是決定於每公頃葉量的多少，土壤的濕度與大氣的乾燥程度。依照克拉蘇林的意見，植物蒸騰的強度受環境條件的影響比樹種的更大。

一九四四—一九四五年布佐羅克考察團（阿里洛米柯、季林切也夫等）在布佐羅克松林中，曾對各樹種與草本植物的蒸發進行過研究。這些研究所得的結果列入表21和22。

由此可見，各樹種的蒸騰係數較草本植物爲小，各樹種的生產量較大多數的草本植物爲多。這種研究的方法有很大的缺點。特別是只裝有幾公斤土壤的容器，連幼齡植物的生長與發育都不够。此外，由於緊密的封閉，根部得不到足够的氧氣，而土壤溫度往往就過高。

9. 近年來所採用的自植株上切下枝條馬上稱量法，已認爲是很完善的，並已大量的推廣。在樹冠上選定好的地點，切下帶葉的枝條，立刻就稱量之後放回切口處經過數分鐘以便進行蒸發。隨後再重新稱量，以便測定由蒸發所失去的水分重量。應用這一種方法時，經常都是採用特種的天秤，以便能迅速而精確地稱量切下的帶葉小枝的重量。爲了想急速的稱量，以便能立刻的計算到切下枝條的蒸發量，就要在當這枝條與未切下枝條還沒有區別時來進行，也就是說明正在生長的植株的蒸騰作用時進行。

這個方法是由П. А. 依萬諾夫教授首先提出的，以後廣泛的應用了，尤其由全蘇林業科學研究院的工作人員Н. П. 克拉蘇林所應用。

克拉蘇林在莫斯科州塞爾布霍區的十五年生的松樹——地衣林、鬱閉度0.3、地下水很深的沙地上，在九年生的松樹——越橘林、鬱閉度1.0、地下水位深不超過1—2公尺，在八年生的樺木林、鬱閉度1.0、在不定期受水浸的、易滲水的砂石性的河灘地，進行觀察的結果如表20。

表廿二 1945年各種林木的蒸騰量（根據布佐羅克考察團的材料）

試驗地的 號數	各種林木的特徵	計量單位 公 斤	每月每公頃的蒸騰量（單位：公厘）					自5月15日到10月15日整 個生長期
			六月	七月	八月	九月	十月	
4A	三十年松林	1012.0	60.88	43.03	42.45	27.99	7.09	188.53
4B	三十年生葉朽的松林	123.4	7.42	5.25	5.17	3.41	0.85	22.97
5	三十年松樺混交林							
	松	622.0	37.42	36.45	26.09	17.20	4.36	115.88
	樺木	516.0	78.46	65.63	73.89	25.78	—	250.20
	第5號試驗地共計	1138.0	115.88	102.08	99.98	42.98	4.36	366.08
6	松林	390.0	74.00	52.30	51.61	34.02	8.62	329.16
7	天然松林	390.0	22.19	15.64	17.56	10.76	2.11	70.17
10	29年松林	1616.0	97.22	98.71	67.79	44.70	11.33	301.08
11	43年松林	1537.0	92.46	65.35	64.48	42.51	10.77	286.34
	草類	193.0	48.42	41.01	49.85	17.75	—	172.5

註：五月的植物蒸騰量與十月的相等

表廿一 1944年各種林木的蒸騰量（根據布佐羅克考察團的材料）

試驗地的號數	各種林木的特徵	葉量 單位公斤	每月每公頃的蒸騰量（單位：公厘）				自5月15日到10月15日 整個生長期
			六月	七月	八月	九月	
4a	三十年生松林	1012.0	49.59	57.60	53.04	48.00	224.23
46	三十年生葉杉松林	123.4	6.03	6.72	6.50	6.00	27.25
5	三十年松林與葉林						
	松	622.0	30.45	35.52	35.50	29.70	137.79
	樺	516.0	40.5	74.40	60.30	30.60	221.15
	第5號試驗地共計	1138.0	70.95	109.92	92.80	60.30	358.94
7	三十年天然幼齡	390.0	19.14	22.16	20.54	18.90	87.03
10	29年松林	1616.0	79.17	91.20	64.76	77.10	367.80
	草類	128.0	33.5	32.1	26.0	—	98.1

1. 森林所生產的有機物通常較草本植物爲少。

2. 森林的蒸騰係數較草本植物爲小。

最後應當注意到最近 A. A. 莫爾察諾夫的研究，他得出了另外的結論。根據他在一九四六年——一九四七年的計算，在沙土上松林的蒸騰較農田少，但必須考慮到研究的對象所分佈的肥度條件是不相同的。

各樹種在其發育與形成的歷史中，經常都是在某種方式與方法下處在爭取水分的過程中。有時呈現乾旱，有時水分過剩，但又因通氣不良或其他物理性原因而不能得到利用。有時平均濕度雖然正常，但可能是在週期性的乾旱與週期性的水分過剩交替下產生。

個別的森林植物和整個森林都在與保證水分及消耗水分的困難作鬥爭，其方法有三點：改善從土壤中吸取水分，貯藏水分以及調節蒸騰量。

首先，從土壤中吸收水分最多的，其根系爲很深或者分布的很寬。例如，在布佐羅克松林裏，松的根系深達「1公尺，如果到這一層就有地下水的話；或者松的近地表根系，其分枝半徑達十公尺（如果地下水更深時，那末分枝半徑還可能更大）。佔有大量面積的近地表根系能幫助更好地利用降水。

在吸收根中形成較高的滲透壓，可以幫助自土壤中吸收水分，滲透壓有時可高數十乃至一百個大氣壓（通常只有五——十個）。在這種情況下，植物在乾燥時期就能克服土壤鹽溶液的影響，而充分地利用土壤水。還有由從葉子中分泌出來的吸濕鹽類與在葉上凝結水蒸氣也都可以幫助達到這個目的。另外通過葉子的氣孔，枝芽的皮孔，芽痕與嫩皮吸收雨水及露水，也可以解決這個問題。

根系分佈及於土壤各層，並且佔據着各層土壤，這也就幫助着植物更好地利用水分。

由表31與32就可以證明，同一樹種內蒸騰量的大小主要是根據進行蒸發的葉子的多少來決定。樺木的蒸騰量很大。草類有時也會有很大的水分蒸發量，這種蒸發量可以趕得上某一些林木，甚至會超過某些林木的蒸發量。

這樣，可概括地說，一年內森林從一公頃土壤裏吸收的水分與蒸發到空氣中的水分，約為100—250萬公斤，或約為100—250公厘，或約佔降水的20—10%。

究竟森林本身保存水分多少呢？假如認為每公頃木材儲蓄量為500立方米，木材重量為500噸，濕度為50%，那末木材含水量就一定等於250噸，或250公厘。如果枝條總量佔15%，即為75立方公尺，枝條中的含水量就將等於37.5噸，或37.5公厘。如果根系的數量佔20%即100立方米，根系中的含水量就將等於50噸，或50公厘。如果葉的數量為3噸，所含的水量就將等於3噸，或0.4公厘。因此，森林內每公頃濕物質總貯積量就將等於37.5噸，而含水量就是37.5噸，或37.5公厘。

然而，這畢竟是概括的材料，事實上所有這些材料根據森林的特徵與本性以及環境狀況而變化的。

森林的組成、年齡、鬱閉度、地位級、林型不同時，森林的吸收與蒸發水分也都不同。特徵相同的森林在不同的土壤氣候條件下蒸發作用亦不相同。這種互相關係的圖解我們是知道的，但是足以說明在各種條件下各類的森林的水分吸收與蒸發情形的指數我們還沒有。

總之，我們有理由認為森林蒸騰經常都較草地為多。用下列理由就可說明這一點：

1. 森林要節制住春天流失水的大部分，增加了可供蒸騰的水量。
2. 森林的大量葉子是離地很高，風吹時就要增加蒸發。

相反方面的作用有如下的原因：

可以生長到沼澤地區。

樹木生長變化的大小，根據樹木對土壤水分的要求而定。

當乾旱時各喜濕性樹種的結實均減弱，但在乾旱之後所有樹種的結實都是特別豐富的。這是在過去一百年中在莫斯科林業技術學院的希爾柯夫實習林場裏，測量各種年齡結構的雲杉林的生長所獲得的結論。

在物理與生理乾燥的條件下，樹木就會大量提早成熟與衰老。

在水分過多或缺乏的條件下，材質常是低劣的，濕度在中等的條件下，材質常是優良的。例如，松樹在相當寒冷的地區就產生所謂優良的木材——最堅實的木材。而在潮濕的地區就產生劣等的木材——鬆軟的木材。

因此，調節森林的組成、外形、鬱閉度、年齡等的結構，改變地位級，就可以改善森林濕度的條件。

滲透入土壤的水分與組成地下水的水分

在可透水的土層（例如沙地，沙質壤土）的下面以及在不透水的幾個表層（例如粘土、花崗岩）上面所積貯的水分稱之為地下水。

與普通地下水有區別的，有所謂上層水，即是儲存在上部的不透水的土層中的，能很快消失的臨時儲存水。

降下的雨水基本上是在土壤裏完全充滿着水分之後，才穿過土壤降落到地下水中去。地下水流得慢，且常為泉水狀及各種自流井水狀自地表沖到地面上來或流入河、溪、湖、海裏去。

森林貯存在樹幹、枝條、根與葉中的水分可以達到每公頃三十萬公斤，亦即達三十公厘以上。這種貯水是由樹幹樹枝等的解剖結構（導管與細胞等不能蒸發的組織）來容納。

保證蒸騰量的削減有許多方法：樹皮加厚、角質化及皮上的絨毛、皮的臘質層、分泌揮發油、減少氣孔的數目、氣孔深陷、葉子表層內面的棚狀組織增厚、減少葉子的數目或者完全沒有葉子——梭梭木、麻黃蓼（*Calligonum L.*）、*Ферекс*、檉柳（*Tamarix L.*）——葉面與太陽光線平行、葉子捲曲（洋槐等）、脫落一部分葉子或全部脫落、頂部死亡及其他等等方法。

由於這些適應方法，各種林木就依據本身對水分的特性而有很大的區別，分述如下：第一類樹種例如松、黃連木、圓柏屬、南歐橡（*Q. Pubescens Willd.*）、特別是梭梭木、*Ферекс*、麻黃蓼均需水量很少，並以對乾燥的土壤與空氣有優良的適應性為特點，因而這些是雙旱生植物。第二類樹種例如洋槐、山楊、歐洲夏橡（*Лещак*），為需要大量的水分，但由於適應方法不同，甚至在乾燥的土壤中也可以滿足水分的需要及節省放入大氣去的水分，因此可以把這些樹種列入對土壤水分要求不嚴格的樹種。

第三類對水分需要、對土壤與空氣的濕度的適應性都是中等的樹種，它們也就屬於對土壤水分要求中等的樹種。這些樹種像：歐洲冬橡（*Лимарк*）、白蠟的某些生態型、榆、楓、山楊、第四類樹種為需要水分多，對乾燥的土壤與空氣的適應性都小的，在各方面都呈現喜濕性，像赤楊、某些柳樹、青楊、沼澤生態型的白蠟。

喬灌木的水分供給和對水分的特性是與森林生長各發展階段（森林的更新、生長、發育、結實、物理性的成熟、抵抗不良影響的忍耐力）有着密切的聯繫。

對土壤水分要求不嚴格的樹種，例如松樹，就是在乾燥的空地上也易於更新，個別的松樹還

農田某些地方的地下水位提高1—6公尺以上。

在沃龍涅什州石頭草原由杜庫洽也夫發起而營造的護田林帶地區，正如Г. Ф. 巴索夫所說在56年中地下水位平均提高0.8公尺。

由此，我們可以知道，森林並不是經常都是降低地下水位，森林附近的地下水位有降低、提高和不變的各種情況的。

問題不僅在於森林存在與否，土壤的結構、地區的氣候與地區的地理情況都有作用。如果地下水位很深在根系起作用範圍以外，那末森林對地下水的的作用，就不是直接經過消耗來影響，而是由減少地表水流，使地表水流滲透入土壤內與下層土壤，以及把水分阻留在土壤內，與經過樹木的各個器官把水分蒸發到空氣裏來影響。此外，當地下水位高的情況下，森林是經過蒸發作用中的吸收與發散來影響地下水的。

如果大地狀的森林分佈在物理蒸發少的地區，地下水位又很高時，森林就會不斷地使地下水保持在下降的狀態。如果在這裏採伐森林，則就會提高地下水位，甚至開始沼澤化。這種情況在森林地帶是常見的。在另外的條件下，例如當森林充分地吸收透入土壤中的水分，而沒有留下剩餘水分作補充地下水時，森林就不能改變地下水位。這種情況在森林草原地帶也是很多的。

當森林為帶狀的時候，在其附近就會積累着許多雪及阻留着水流，這些水分就要落到土壤中去並不能為森林所充分利用時，森林就會維持與提高地下水位。如果在採伐跡地上，水分要大量地沿地表面流失，不會去補充地下水，結果地下水位要降低的。這種情況是在草原地區和集體農莊的、國家的護田林帶的系統下所常發生的。

我們僅不過舉出三個典型性的範例，在自然界中，這些例子是各種各樣的非常複雜的。特別

地下水的流速非常小，通常一年僅達二公里。例如在莫斯科附近的季米略捷夫農學院區域內地下水的標準速度就是這樣。在石頭草原區（沃龍涅什州）在林帶下面的地下水每晝夜移動的速度爲0.05—0.06公尺（T. Φ. 巴索夫）。

在沙土裏，地下水要沿土壤毛細管而提高30—50公分，在沙質壤土裏，地下水要提高一公尺以上。

根據奧托茨基極廣泛的研究材料，認爲由於森林可以直接利用地下水或經過毛細管作用而利用地下水，這樣就經常使地下水的水位降低。這些結論在我國以及在國外都會廣泛的採用過。許多研究者曾指出過在森林裏井內的地下水位是低的，而當森林採伐後就提高。Г. Φ. 莫洛作夫在沃龍涅什州的施波夫森林裏就觀察到有這種情況，在森林採伐後隔四—五年，井內的水位就要提高。Г. H. 維索茨基斷定了在大阿納道爾森林裏（斯大林諾州）地下水位是在降低的。蘇聯北部的森林，在火災、採伐與乾枯後地下水很快的就積聚起來，土壤易於發生沼澤化，這些事實爲大家所周知的。由於沒有森林而造成沼澤的情況，是北部林業發展上的重大問題之一。

我們在基洛夫州的採伐跡地上研究森林天然更新時，採伐之後多數情況下，完全沒有發現地下水的積聚與沼澤化的。只有在大量的殘枝落葉與沒有一株幼樹的情況下，才部分地看到沼澤化情況。

C. A. 雅柯夫列夫教授曾指出，春季列寧格勒州森林中，地下水位可能比無林地區爲高。列寧格勒林業技術學院的同事布林柯夫與柯珊耶夫曾證明採伐跡地的沼澤化可能是很少的，但假如在採伐跡地上生長着闊葉樹種，這種地區就可以不成爲沼澤化。

在斯大林諾州大阿納道爾森林地區在百年以前營造200公頃的森林，近幾年來這森林四周的

力。在各河流域，森林且能維持河流適於通航。直接分佈在河岸的森林，且能保護河岸免於冲刷與倒塌，即能起保護河岸的作用。

一九三六年七月二日曾公佈了關於在蘇聯歐洲部分劃分森林水源含養地帶的法令。這種地帶將逐漸地增加到八千萬公頃，這就是要超過任何一個歐洲國家的總面積。這一個關於水源含養地帶的法令是世界上第一個以森林來調節地面上水量平衡的卓越的法令。

在草原的條件下，森林是農田上水分的收集者與積聚者。護田林帶、分水嶺林及沿侵蝕溝林都能提高空氣與土壤的濕度，增加農田上的積雪，減少雪水與雨水的地表水流。這些森林都能提高地下水，減少水分從地面上無益的蒸發，增強植物的有益蒸發（此種蒸發能增加雨水量）。在這種情況下森林具有如威廉士所說的，農藝的意義，換言之，農業的意義，或者正如常說的保護農田的意義。

其次，森林能固住土壤，預防土壤受風與水的損害。森林能固住流砂，使砂不被風吹走。在粘土上森林能阻止所謂塵埃狂風，或者所謂黑狂風，此種狂風常從農田上吹掉有價值的土粒。

在侵蝕溝的斜坡上的森林能保護土壤免受冲刷。在山區的條件下森林能預防斜坡免受水流的破壞，與預防由於攜帶了大量泥砂而形成的所謂能將住宅、道路、河流、農田、公園、果園都冲毀的洪流，在所有這些情況下，森林能起保護土壤或防止侵蝕的作用。

1943年10月20日蘇聯部長會議和聯共（布）中央委員會的決議就考慮到森林對流動的砂丘、塵土以及對侵蝕溝的斜坡都有保護作用。在1943年政府的決議中，就注意到了在山坡上的森林能起防護作用，根據這個決議在山坡上的森林必須要特別保護。

同時必須指出，分佈在藥用泉（Нарзана、Боржома等）地區的森林，為具有防護作用

是森林下面的不透水層的地形，可能是凹地、高地、小高地，這就使森林對地下水的影響顯著的複雜化起來。因此地下水可能向森林地區流來，也可能沒有水流來，也可能自有森林地區向別處流走。

滲透入土壤深層的水分與從地面水分循環中流失的水分

大氣降水中有多少部分，在那種情況下，滲透到土壤幾公里深的深層去，整個自地面水分循環中流失，是並不能確定的。同樣地，有多少土地表面的水分是自土壤深層來的，也是不能確定的。因為研究水分循環的問題，現在還處在這種情況下：人們還幾乎沒有研究過水分消耗在土壤的問題。

在地面上水分循環中森林的作用

森林是廣泛而多方面地影響着地面上的水分情況。在水分循環中森林的作用毫無疑問的可認為良好的。

森林對河流與蓄水庫都起着蓄水與水分調節的作用。森林是河床中的水分收支的調節器，因為它能減低春天地表上雪水的流動，延長雪水流動的時間，並把融雪水變成土壤內部水與地下水，這種水在夏天就可供給河流水分。森林能減少河流中的洪水與預防水災。有森林的河流一年四季內水分的收支都是比較平衡的，而田野中的河流在春季通常有很大的洪水，夏季有雨季的洪水，而在乾燥時期，田野中的河流就要變淺及常常完全地乾涸。無論是在田野的與山地的河流流域，森林都保證水電站能平均的工作與保證經常的供給城市、鄉村、工廠、集體農莊與國營農場電

Π. C. 波格來勃涅克教授修正了Γ. H. 維索茨基的論點如下：森林能濕潤氣候及土壤，並能乾涸沼澤。這樣，維索茨基的論點就接近了真實，並且也就說明了草原區林帶對土壤與氣候的濕潤作用，同時在有些情況下又說明了森林能使土壤與沼澤乾燥的作用。

森林濕潤作用的問題應該根據地理情況來決定。如果在草原地帶中森林通常是濕潤者，那末在北方它就可能乾燥者。

在北方，以及其他地質、土壤與氣候都是屬於沼澤化地區，採伐森林將導致採伐地區成沼澤化，而森林更新就可使沼澤地乾燥。要防止沼澤化不僅可以採用溝渠乾燥法，且亦可以用適合該地區條件的樹種來造林，例如在濕潤的亞熱帶地區為桉樹，在北部為赤楊、落葉松。

根據地域上來解決問題，森林就可以利用來為我們偉大蘇維埃祖國的利益，作為調節地面水分情況的非常有效的工具。

的，這種作用可稱為礦泉上的作用。

俄國著名森林學者 H. 維索茨基院士關於森林對於造海 (Транспирация) 與濕潤作用的假說，這是大家都知道的。維索茨基，像其他許多科學工作者一樣地，證明了歐洲西北部與北部的森林，把大量的水分蒸發入空氣裏，因而使分佈在我國的較南與較東的森林地帶的無林草原增加雨量，這種假說是以一般資料與理由為基礎。

在大體上，是應該承認維索茨基的假說有一定的意義，森林地帶對草原地帶是有濕潤的作用。但也不能誇大其詞，應該記住，森林地帶對草原地帶的濕潤作用，絲毫也不能代替草原上的農田防護林。

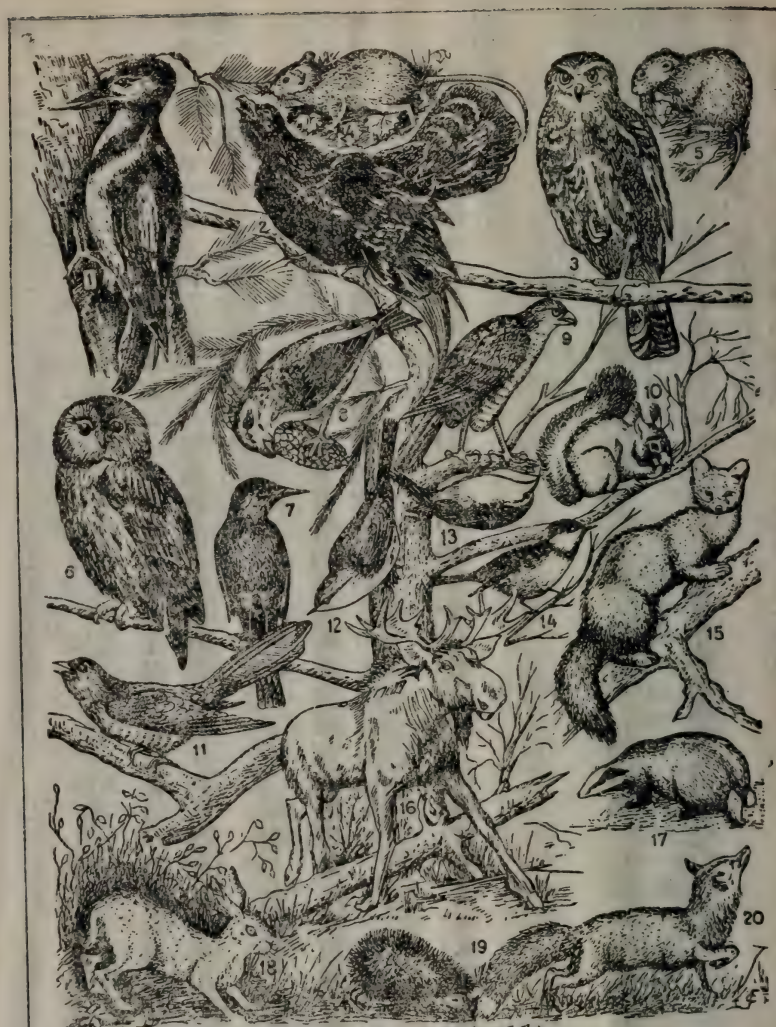
最後，必須研究維索茨基院士的意味深長的說法：森林能乾涸平原與濕潤山地。

關於森林能濕潤土地，這一總的原理，其後面一半，即是森林能濕潤山地，這任何人都不會懷疑，但是前面一半，即森林能乾涸平原這一點，是毫無根據而錯誤的。

森林能濕潤山地這一點是無可爭辯的。山地的森林能積聚降落下來的雨水，不使其地表水流向低處流失，而使轉變成土壤內部的水。此外，森林能使直接與它相接觸的雲中水分凝結起來。

維索茨基關於森林對於造海與濕潤作用上的假說，也就是說明森林濕潤空氣的作用。

在平原上由於森林的作用會變成乾涸，這已證明是錯誤的。我們很早已能相信這一點：在有森林的草原環境下，土壤的濕度提高，地下水層也提高了，因為森林的附近有積雪，且可使地表水能變成土壤內部水（一直到地下水為止）。在這方面林帶與小塊林地是特別有價值的，若是大塊森林這種現象就表現得較小。



圖十五：森林鳥類與野獸

1. 大班啄木鳥 2. 雷鳥 3. 鵲鵲(鶯) 4. 林鼠 5. 小田鼠 6. 鴉
 7. 星鳥 8. 交啄鳥 9. 大鷹鵰 10. 松鼠 11. 杜鵑 12. 鴉 13. 旋木雀
 14. 山雀屬 15. 黑貂 16. 鹿 17. 獾 18. 兔 19. 刺蝟 20. 狐

第五章 森林與動物

森林與原生動物

正如前述，森林沒有動物是不能設想的。動物是森林有機體的組成部份，和林木的環境條件。

動物界種的數量很多，爲了簡單起見可把動物分成九門：1 原生動物；2 海綿動物；3 腔腸動物；4 蠕蟲動物；5 擬蠕蟲動物；6 軟體動物；7 節足動物；8 棘皮動物；9 脊椎動物。其中棘皮、腔腸、擬蠕蟲動物與海綿動物僅生活在海洋或淡水裏。其餘像原生、蠕蟲、軟體、節足與脊椎等五門中的許多種的生活都與森林有着密切的聯繫（圖15）。

單細胞動物通常稱爲原生動物。它們種類繁多但經研究過的却比較少。大部分原生動物都是生活在污穢的及長滿植物的水池中以及土壤裏，更正確一些說，是生活在土粒之間極小的水膜裏。如果土壤變爲乾燥時，原生動物就會被覆上厚膜或隨風從甲地吹到乙地，當時可能是死亡也可能落到新的潮濕地區，在那裏又開始一如過去的積極活動的生活。

現在林學家們對原生動物都給以很大的注意。

對森林起很大作用並大量分布着的原生動物中，有土壤中的鞭毛蟲類、阿米巴、纖毛蟲類與根足蟲類。前三種是生活在較肥沃的森林土壤裏，這種森林土壤內充滿可作爲它們食物的各種細菌。第四種是分布在貧瘠的泥炭土裏（即森林土壤中），在這裏細菌少，但真菌多。原生動物主要是生長在10—30公分深的土壤表層裏，在一克土壤中可能就有六萬到三十八萬個原生動物。看

環節動物在森林的生活中能起着很大的作用。其中特別是蚯蚓（大的Лямбрициды有數公分長，小的Энхитреиды僅有0.5到1.0公分長）。

這些環節動物會將植物有機殘餘物重新製作，促使已經消化過的無機物積聚起來。除此以外，環節動物在土壤內要造成通道及讓土壤經過體腔，而改善土壤的結構。由於這一點，使有機剩餘物分解作用進行得更強，也就更能改善土壤的通氣性、土壤的水分和溫度的狀況。因此環節動物愈多，土壤就愈好愈肥沃。

在肥沃的園地裏每公頃蚯蚓可達到一千三百萬。在肥沃的橡樹林土壤內的蚯蚓為五萬到七百萬（Лямбрициды達一百萬與Энхитреиды達五百萬）。而在貧瘠的松林、雲杉林土壤內的蚯蚓每公頃達五萬到十萬。

環節動物按其數量來說佔森林土壤內的動物總數（指非脊椎動物的數目而言）達20到80%。在一平方公尺25公分深的土壤裏非脊椎動物的數量重達50到100克（所謂Графон）。如果環節動物的數量增加，森林地被物的分解作用也就可以增加，使土壤內的氮素與灰分物質也就可以增加，土壤內的結構、通氣、水分與溫度的情況也就可以改善。結果，森林的生命抵抗力、生產率、品質也就可以得到提高。環節動物能把每年天然的落葉與其他植物剩餘物的四分之一經過其體腔，把它們揉和、部分地分解與塗上腸液，而後將成塊狀（糞石）的排泄物分泌出來。在一公頃土地表面每年經過蚯蚓消化器官排出的土壤達50到60噸。因此，蚯蚓是森林中的天然犁，同時能使土壤的化學性得到改善。

森林學者應該會增強蚯蚓的繁殖。要達到這個目的，可以用培育混交林，耕鬆結實的森林死物層，燒掉採伐剩餘物，增強撫育採伐及其他措施。

來，大多數原生動物主要以土壤細菌（其中包括固氮細菌在內）為養料的。這就確定了土壤消毒與消滅單細胞動物會引起細菌的增長與土壤內氮素的積聚。例如在一公頃肥沃的土壤裏有細菌五千二百萬——一萬萬，如果部分地消滅原生動物（高溫法）在一公分土壤裏的細菌數就能達到四萬萬二千萬到九萬萬五千萬。顯然地，大多數土壤原生動物是有害的，因為他們消滅了硝化細菌，因而減弱土壤內氮素的積聚作用。但他們也有好的作用，在土壤內他們能分泌出有機物、氮化物、無機物，他們死後也可以分解出這些物質。

其次，必須指出，許多森林原生動物是人類、野獸、鳥類、魚類、爬蟲類、兩棲類、昆蟲及其他動物傳染病的傳播者。對人類特別有害的是由瘧蚊所傳布的瘧原蟲。瘧原蟲，它是生活在紅血球裏並引起瘧疾。使鳥類患瘧疾病的瘧原蟲也是由普通蚊蟲傳染的。原生動物膠孢子蟲（*Изооспа*）要引起蜜蜂生病與死亡。

爲了調節森林與原生動物的關係以利於林業與人類健康，林學家研究森林與原生動物的相互作用是非常重要的。

森林與蠕蟲動物

目前蠕蟲門通常分爲四個亞門：條蟲、圓蟲、環節與輪蟲動物。條蟲與圓蟲動物是人類與其他動物的寄生蟲，但在森林裏分佈很少。因為森林在此種場合下就是一種衛生環境。某些圓蟲動物（*Мондохус*, *Дорипаимус*, *Трипобус*）能在森林地被物內自由地生活，能攪和森林地被物並加速其分解，這些都是有益的。

生活在蘇聯淡水塘裏的輪蟲，其大小爲一二公厘。

昆蟲，Пауки-Ткачи能消滅對森林有害的昆蟲（葉蜂）的幼蟲。一般來說蜘蛛都能消滅害蟲有利於森林。從生物學來看，壁蝨是多種多樣的，對森林的生活都是有作用的。生活在森林地被物中的壁蝨特別是體小不到一公厘者其數目很大。它們以植物的殘餘物，各種昆蟲、其他的壁蝨以及其他許多動物為養料。這些壁蝨對土壤形成所起的作用還很少研究。

在森林內的多足綱動物中分佈的有所謂Киссяки和Камнелазы。

Киссяки是生活在柔軟的腐植質中，主要以森林地被物中的植物性物質為養料。

Камнелазы 主要是生活在粗礎的腐植質中，以昆蟲為養料。每公頃多足動物的數目能達到二十萬到三十萬以上。

昆蟲綱是動物門中數量最多的一個綱。我們知道動物一共有一百萬個種。其中昆蟲部分就有六十萬到八十萬個種。分布在蘇聯的昆蟲約有六萬五千種。

大部分昆蟲都是參與森林的生活的，其中一方面對森林是非常有害的，而另一方面是很有利的，甚至於是必需的。

在М. Н. 利姆斯克—柯爾薩柯夫，В. И. 古苗夫，И. И. 波羅包揚利諾夫，В. Я. 希潑洛維支與А. В. 雅蔡特柯夫教授們所著的『森林昆蟲學』一書中，有非常豐富的關於森林昆蟲的材料。現在只略述一下森林與昆蟲的相互作用。

為害森林的昆蟲通常可分為二類：1 主要害蟲。2 次要害蟲。主要害蟲為侵害完全健康的植株；次要害蟲為棲息在不健康植株上。然而所謂主要害虫並不是在完全健康的樹木上，而是在受旱災、凍害、風害及其他原因而削弱的立木上，大量地繁殖與發育的。

在森林主要害虫中松針毒蛾使我國林業的損失很大，它吃掉大面積的雲杉和其他針葉樹的針

森林與軟體動物

軟體動物對森林生活的意義非常小。與森林有某些關係的如裸體蛞蝓、琥珀蝸及葡萄蝸牛。蛞蝓是灰綠色的軟體動物，長數公分，有二對角狀的觸角，大量分佈在森林、草地、園地及農田裏。晝間潛伏在根、葉、石頭下面，到傍晚及夜間出來取食。他的營養物為樹木的幼苗、森林真菌、漿果、各種野榮。蛞蝓往往對苗圃與園地都是有害的。

琥珀蝸（軟體動物——蝸）長一到三公分，有質脆、螺形的外殼，分佈在林區潮濕的幼林、草地上。它損害植物不十分明顯，但使鳥類能傳染吸蛞蝓病（Червь-сосальщик）。葡萄蝸牛是相當大的軟體動物，也有一個螺旋殼。它分布在蘇聯南部葡萄園裏，為害很大。在這些地區裏它對森林也有某些損害。

森林與節足動物

整個節足動物門分為四個綱：甲殼綱、蜘蛛綱、多足綱與昆蟲綱，它們對森林生活都是有作用的。

甲殼綱中的大多數都是生活在水裏，因而對森林的關係很小。

在甲殼綱中間也有生長在森林裏的陸地型，其中應該指出的是海蛆。按外形上看，好像帶有小突起（腳）的扁狀橢圓鉗子。海蛆易於鑽入死樹、根株的樹皮內與死地被物中去，以有機剩餘物、真菌的菌絲體、活的植物為養料。

在森林生活中蜘蛛綱中的園蛛是有意義的。在蜘蛛綱內的園蛛經常能消滅許多對森林有害的

森林與兩棲類及爬虫類

脊索動物在森林生活中的作用也是很大的。尾索動物、頭索動物、脊椎動物這三個脊索動物的亞門中，前二類是棲息在海裏而與森林無關，第三類是與森林生活有直接關係的。脊椎動物中與森林相關係的有兩棲類、爬虫類、禽類、哺乳類。

在森林內的兩棲動物或兩棲綱中的有各種蛙、蟾蜍及其他動物。蛙與蟾蜍都是以成年的昆蟲，及昆蟲的幼蟲，蛹為食料的。蛙與蟾蜍能消滅昆蟲，及其幼蟲和蛹，所以通常認為它對森林是有利的。

在我國的森林裏爬蟲動物或爬虫綱中包括蜥蜴、蛇、龜。蜥蜴中分為普通的或跳躍的、胎生的與無脚的。它們都是以蚯蚓、無毛的幼蟲與軟體動物為食料。在森林生活中他們實際上並不起作用。

在蘇聯，生活在森林中的蛇中間必須提及靠吃蛙、蟾蜍、小魚、大甲蟲為生的普通蛇、平滑蛇或稱靠吃蜥蜴與甲蟲為生的褐色的蛇 (*Pelias Chersca*)，與主要靠吃林鼠、掘土鼠 (*Soerx araneus*)、鼯鼠、鳥類雛鳥的蝮蛇。前二種蛇是無毒的，第三種是毒蛇，對人類尤其可怕。總之，所有蛇中，大部份對森林都是有益的。

森林與鳥類

鳥類在森林生活中起着特別重大的作用。

鳥類的種類繁多共約一萬種。在蘇聯根據 Г. П. 傑門茨耶夫, H. A. 格拉特柯夫, E. C. 波多珊柯與 A. M. 蘇其洛夫的報告共有 216 種。其中大多數都生活在森林內並對森林有很大益處，其中只有很少數對森林是有害的。鵲鳥、旋木雀、與麻雀般大小的小鳥，能啄食各發育階段

葉，因而常使林木死亡。歐洲松毛虫同樣是危害很大的，它吃掉松樹的針葉而使松林死亡。松夜蛾、松尺蠖及其他昆蟲爲害松樹也很嚴重。西伯利亞枯葉蛾大量地損害紅松林。冷杉尺蠖大量吃掉冷杉的針葉，並且是冷杉死亡的原因。

通常損害橡樹樹葉的是松針黃毒蛾，它在春天能食盡橡樹的葉子。棕尾蛾、捲葉蛾等害蟲都有害於橡樹。

在次要害蟲（是在受到主要害蟲或旱災、凍害、火災及其他不良的自然爲害之後，能嚴重地削弱和損壞立木的害蟲）中，應該舉出生活在樹皮下的小甲蟲（小蠹蟲）。

五月金龜子在幼蟲時期咬斷根系，這對幼松林是很可怕的，其他爲害幼苗、幼林、幼樹及樹木種子的害蟲還很多。

其他昆蟲（寄生類與食蟲類）對森林的利益是很大的。其中特別重視的是所謂姬蜂科。這類昆蟲在森林害蟲內產卵，即是下卵在害蟲的卵、幼蟲、蛹、成蟲（昆蟲最後的形狀）內，而後就在這裏面發育成長，並在一定階段吃掉它們。卵寄生姬蜂是寄生在松針黃毒蛾的卵內。寄蟲蠅科 *Myxus-Taxus* 則在葉蜂與各種甲蟲的幼蟲裏寄生。

在食蟲的益蟲中，以大步行蟲科的意義最大，他能消滅主要害蟲的幼蟲與蛹和葉蜂幼蟲。闊翅蟲科、郭公蟲科、出尾蟲科、蛇蛉目都能消滅小蠹蟲的卵與幼蟲。瓢蟲科靠蚜蟲與蛆爲養料。蟻科對森林有很大的益處。一窩螞蟥每天能消滅一萬到十萬，即一年內能消滅百萬到一千萬的害蟲。根據森林的利益，最好每公頃面積有螞蟥一羣。

昆蟲對森林生活的作用很大，因而林學家應該善於根據林業的利益調節森林植物與昆蟲的相互作用。

森林與哺乳動物

哺乳動物廣泛地分佈在森林內，對森林經營有很大的意義。按照保勃林、庫茲涅夫與庫謝金的研究在八千種哺乳動物中，分佈於蘇聯的大約有三百種。其中有的對森林有益，有的對森林有害，還有在狩獵上是有價值的。對森林有關者有下列五目：翼手目、食虫目、齧齒目、食肉目與有蹄目。

翼手目或蝙蝠類的品種是非常多的，它們在夜裏飛出來，攝取大量的甲虫、蝶類、蚊等的昆蟲為食料。所以蝙蝠類應屬於有益動物。

食虫獸中對森林有關係的為掘土鼠、刺猥與鼯鼠。

掘土鼠是一種較鼠為小的小獸，非常兇狠及貪食，它們能吃盡許多害虫，因而可以算作是有益於森林的。

刺猥也是有益的動物。它是以昆虫、小田鼠、林鼠為食料，並能吃蛇且不怕蛇的毒汁。

鼯鼠在森林裏的作用是較複雜的。C. И. 奧格涅夫指出，在某些地區鼯鼠的食物百分之九十是害虫。在另外一些地區鼯鼠以對林業與農業有利的蚯蚓為食料其分量佔百分之九十到百分之一百。鼯鼠常以其特有的方法鑽入幼苗畦的地下，破壞着幼苗，因此對農林業是有害的。在成齡林內，鼯鼠對改善土壤層結構、恢復土壤的疏鬆都是有益的；並且它的毛皮也很有價值。

齧齒類佔棲息在森林中動物的主要部分。在森林內的齧齒類中以林鼠與小田鼠（短尾鼠）特別多，例如，根據 П. А. 斯維利勤柯的研究，在土拉禁伐林區，一公頃面積的老橡樹林內有：棕黃小田鼠 330 隻，黃頸鼠 3 隻，林鼠 11 隻，林鼠與小田鼠共計 343 隻。一隻鼠在一晝夜內能消滅大量森林種子（表 23）。

對森林有害的昆虫，因此對森林是特別有益的。杜鵑也同樣是寶貴的，它連多毛幼虫也要吃掉。在橡樹林中紅色的高麗鶯也是益鳥，山雀能啄食許多害虫的蛹、幼虫與成虫，對森林同樣是很有利的。

棕鳥、啄木鳥、戴勝鳥等特別是在飼喂幼鳥期間，能消滅許多昆虫。但是啄木鳥也常毀滅大量的針葉樹的種子。例如，根據И. А. 波洛任察夫與Е. И. 克諾列教授（在布佐羅克松林中）的研究，一隻大雜班色啄木鳥在一年內能吃掉一公斤的松樹種子，等於一公頃松林，一年的種子收穫量。

鵲（鵲）、歌隼、茶隼與梟是獵取小田鼠、林鼠與大昆虫的森林益鳥。一隻鵲鳥能在一天內獵取八到十隻林鼠與小田鼠，茶隼和歌隼在一天內能獵取二、三個，林梟、沼澤梟、灰梟、鵯鵯則獵取三、四個。

對森林完全有害的鳥類很少。交喙鳥、櫟鳥、星鳥，鳴禽類等要吃掉森林的種子是對森林有害的。

大鷹、兀鷹、蒼鷹等要獵取益鳥也是對森林有害的。

許多鳥類在森林生活中在散播樹木的種子方面起着很大的作用。交喙鳥、櫟鳥、星鳥、啄木鳥、戴勝鳥等就是屬於這一類的主要吃樹木種子的鳥類。

許多森林鳥類（雷鳥、山鳥、松雞、鷓鴣、山鵲）在森林副業上是有價值的。

調節森林與鳥類的相互作用，是可以提高森林的價值並改善林業的。

林學家必須深入地研究森林鳥類的生活。С. А. 布多爾林教授編製的指南為研究森林鳥類生活的有價值的參考資料。

因此，棲息在一公頃地上林鼠、小田鼠在冬季能消滅橡實五百公斤，也即是橡實的全部收穫量。此外，它們要咬掉幼樹的根與樹皮。

林鼠與小田鼠常吃掉苗圃與造林地的秋播橡實。這是林內爲害最大的齧齒類。在很少情況下鼠類才能有利於森林。例如，鼠咬去蔓生在採伐跡地的禾本科地被物，使天然下種與森林更新在這些困難條件下生長發育成爲可能。

與森林內的鼠類作鬥爭是林學家的一件重要任務。因此要適當地幫助在林內獵取林鼠與小田鼠的鳥類與野獸（鵲、梟、猓、茶隼、鵲、狐）的發展。

另外齧齒類中的兔（白兔與部分的灰兔）對森林的爲害很大。它們咬壞林中的幼樹且時常成片地咬壞幼樹。然而在狩獵方面（其肉與毛皮）是有價值的。由於這種關係，就必須要調節林中的數量與保護林木的寶貴幼樹避免兔的爲害。

松鼠也是有害的齧齒類，它要吃掉樹梢及咬壞種子。但是，由於松鼠在狩獵方面的意義很大，所以關於林內松鼠數量的問題首先要從狩獵的利益出發來決定。

食肉獸中對森林特別有關的有獾、狐、樺貂、黑貂、鷄貂、黃鼠狼、小貂與狼。

獾是森林的好朋友。它吃掉許多害虫的幼虫，如五月金龜子，並且還以林鼠與小田鼠及其他對森林有害的動物爲食料，而它很少取食兩棲類、爬虫類、蚯蚓、幼雛、菌類、漿果與草類。

狐在森林中也同樣能起上述的有利的作用，它能消滅許多林鼠與小田鼠。

正如C. H. 奧格涅夫的報導，在狐的胃裏有40個已窒息死的林鼠，狐的有害方面是捕食益鳥與益獸，但利多於害，所以對狐要加以保護。

黑貂、鷄貂、黃鼠狼、樺貂與小貂也是益獸，因爲它們都能消滅林鼠、小田鼠與其他齧齒類，

表二十三：一隻齧齒類動物在一晝夜內消滅樹木種子的數量（根據斯維利動物材料）

種子的名稱	齧齒類			
	黑頭鼠	林鼠	小田鼠	棕黃小田鼠 (Hypodereus)
橡子	2-6	1-2	2-3	1-2
尖葉楓翅果	134-226	85-97	206-225	91-119
椴樹種子	238-315	145-170	幾乎不吃	175-338
森林堅果	4-7	3-4	2-6	4-6
榆樹種子	1264-1324	503-579	—	438-687
雲杉種子	1078-1388	335-680	—	465-831
櫻桃核果	34-44	—	—	17-20
稠梨子核果	114-132	49-102	102-106	63-92
樺木種子	2800-7560	2100-2240	—	—
臘木種子	幾乎不吃	幾乎不吃	—	不喜吃25-57
接骨木種子	2532-3216	558-920	不吃	756-983
虎皮衛矛種子	71-146	120-143	全上	79-143
忍冬種子	680-1610	510-960	全上	509-520
錦雞兒種子	92-93	55-74	—	77-95

第六章 森林內的活地被物

活地被物的一般概念

某種程度被覆森林地面的一切苔類地衣、草本植物及半灌木植物，均叫做森林活地被物。活地被物是森林的組成部分，同時也是喬木植物的環境。

活地被物之所以重要就因為他是森林立地環境的指標，所以也是森林本身的特性，例如森林組成、產量、品質、壽命和抵抗力的指標。活地被物也可以決定土壤及小氣候的特性，所以在森林更新，森林發育及在樹種的更替中都有很大的意義。

林學家應該要善於調查活地被物。

最先一就是要會調查活地被物的一般特性。在這方面就要會認別：例如什麼是地衣或綠苔地被物，什麼是長壽苔，水蘚，越橘，烏飯樹，禾本科植物的地被物等等，然後才能根據主要植物種類不同，確定地被物的類型。

其次應該會以十份法或百分法用力去測量一塊地面上被覆物的多少。還應該會估量整個地面活地被物，或者是主要植物的大致高度。最後還應該能列舉出各主要地被物的名稱及其覆蓋程度。

爲了更進一步的了解地被物，就要進行專門的研究，例如當研究森林天然更新時就是這樣。在春天夏天或秋天都要記載一下地被物的情況，而在生長季節中，尤其要多記載幾次。

按照需要及可能的技術條件，調查活地被物時，應注意以下這些指標：

事實上，這些食肉獸也要捕食益鳥與益獸。

狼是兇猛的食肉類，它要捕食森林中的有蹄動物像麋、鹿、野羊以及家畜。另外一些森林中的食肉類如熊對森林的生活沒有實際上的意義。水獺與水貂的害處也就在消滅森林水池內的魚類。森林雙蹄類（麋、野羊、北方鹿、赤鹿、鹿、牡鹿等）對森林生活的作用較少。有時當它們大量繁殖時，就咬壞與踐踏幼樹，而為害森林。

在森林內往往可以放牧家畜。各種家畜對森林的影響不同。馬、乳牛與綿羊、踐踏和拆斷幼樹，將土壤踏硬，因而有時給森林帶來重大的損害。山羊較其他動物更有害於森林，因為山羊要咬破、剝裂、拆斷與踏掉樹木，為特別有害的。調整放牧，就可以減少對森林的為害並保證畜牧業的發展。放牧豬也是對森林有利的，因為豬能掘開土壤與消滅害虫的幼虫與蛹。因此，如果不研究森林動物的生活，就不能懂得森林生活，如果不調節林木與動物的互相作用，就不能有效地改善森林經營。

三、四或五層。其次對於不能分層的整個地被物，以及對於不只有一層地被物中的各別的一層，都可用某些測量方法來確定其平均厚度或主要的厚度。層的數目，層的名稱以及各層的厚度都應在地被物記載表上表示出來。

列波爾大道（托姆斯克大學教授）氏將地面植物被覆物劃分為擬計的及真實的兩種：前一種為地面植物投影到地面上被覆的指標，後一種則以地面生草多少為被覆的指標。通常只用這兩種指標中的一種。一般用目測法來決定地面植物的被覆程度；但為了能精確計，可在地面上放上附有小框子的大框子（例如大框子為一平方公尺，小框子為100平方公分），然後計算多少小框子內有地被物，多少內沒有地被物，就易於能精確的確定土壤地被物的多少。估量被覆程度一般係與總面積相比較，用十分法或用百分比法表示。可以對整個活地被物加以估量，也可以對一層地被物，甚至於對各主要植物的三分之一各別地加以估量。

確定地面地被物植物的組成，應根據對某一地區內各種植物（從分布最廣的開始到個別存在的為止）精密的觀察與記載來定。

用目測法可以分別的來確定每種植物的被覆等級。被覆等級分為下列五種：（1）大塊的：當植物整個遮滿了地面或者幾乎遮滿了地面（不小於 $\frac{1}{4}$ 面積）。（2）部分的：當某種植物不能組成一個整塊，但分布很多，佔有 $\frac{1}{4}$ —— $\frac{1}{2}$ 的面積。（3）小塊的：當植物只遮蓋 $\frac{1}{4}$ 以下的地面，但是非常的顯著。（4）個別的：當植物只是個別的分布着。（5）稀有的：當某種植物只發現一兩個樣本。對於各種植物就可按上述植株被覆的等級，在記載表上各欄中，分別記下來。確定遇見度這一指標，可劃出15—25個大小為一平方公尺的「小區」，然後計算有或沒有某種植物的小區數。有某種植物的「小區」數，對全體小區數的百分比就是遇見度。小區也可以只

- (1) 一般的外貌特性及各類型植物的名稱；
 - (2) 活地被物在地面上的層次的構造及各層的厚度；
 - (3) 擬計的及真實的被覆面（按列威大道的分法）；
 - (4) 植物的組成；
 - (5) 五等簡單的被覆等級；
 - (6) 遇見度；
 - (7) 按阿來赫的簡化表的物候學的情況；
 - (8) 生理的情況；
 - (9) 單位面積內地被物地面部分的總量；
 - (10) 單位體積土壤內根系的重量，而在某些情況下包括根的體積，長度，及表面面積。
- 研究這些指標時，最好是按上述的次序按次進行。
- 一般外貌的特性及地面植物類型的決定都可以由目測法觀測標準地或所有林木及整個伐區來進行。B. A. 開來爾院士的著作可為記述一般外貌特性的範本。通常植物地被物的類型，根據主要植物來定名就夠了，例如地衣的、綠苔的、越橘的、烏飯樹的、長壽苔的、水蘚的、小野青茅的、毛利尼的 (*Molinia coerulea* much)、各種草本植物等的地被物。當不需要特殊研究僅為一般記載時這就足够了。

對植物加以一般的觀察後，就可以確定活地被物層次的構造，但不要將很少區別的層次也列舉出來。通常在我國許多林型中，都可以將地被物分為兩層，A)、草本的（半灌木類像越橘，葶石南屬 (*Calluna vulgaris*) 也包括在內) 及 B)、苔類的。常常總共只劃分為一層，很少需要劃分為

爲整個根分布層的深度，所取土地的地區應爲綠色植物生長的地區，將土壤中的根剝出來或進行沖洗，以後才在稱上稱量。最後再將根株重量改算爲每公頃公斤數。

活地被物爲森林立地環境的指示植物

活地被物爲森林立地環境的一面鏡子，這是很明白的，因爲地面活的地被物，根據達爾文學說，爲在環境的支配下及作用下經過長期自然選擇的產物，其中特別是氣候與土壤環境。進而根據朵顧查也夫的土壤學說，活地被物也爲許多環境因子的產品，這當中包括植物因子在內。再進而根據威廉士的土壤形成作用學說，活的地被物爲立地環境的一面鏡子的這一觀念，就會更明確了，根據威廉士這一學說，土壤主要是生物作用的產物，這種作用包括兩種植物作用：綠色植物組成有機物；無色植物分解有機物。假使土壤主要爲植物的產物時，那末，很自然的植物就爲土壤的指標了。我國優秀的林學家像土爾斯基，莫洛作夫及維索茨基一直都是主張利用地面植物來指示森林及森林立地環境的特性。蘇卡也夫用按地面植物的組成劃分林型的方法，創立了特有的植物群叢學說。包格列伯梁克爲了按立地環境區分森林，經常是利用地面植物作爲指示劑的。

在林業上用活的地被物作爲立地環境的指標是有非常大的意義。林學上很久以來就用活地被物來確定森林的價值如何。森林地被物的組成與田地中的地被物的組成是不同的。在森林環境中，無論是在林冠下的或者是在裸露的林中空地上的，各式各樣的植物都要比生長在貧瘠的灰壤土上的爲佳。我國幾種主要樹種像松樹，雲杉及橡樹，他們地被物的類型如下：

可以在貧瘠的砂土上生長的地被物，爲松樹地被物的最大特徵：地衣，綠苔，土馬騾屬，利尼 *Molinia Coerulea* Much, 越橘，烏飯樹，水蘚 (*Sphagnum*)，黑圓樹 *Vaccinium Uliginosum*，石

劃爲 0.25 平方米的大小。遇見度只有經過科學的研究才能決定。遇見度要記在登記表上的獨立一欄內。

根據簡化過的阿來赫系統，將植物物候學的情況分爲四組，這四組用下述的符號表示：

(1) : (—) —— 爲正在生長發育的植物，(2) : (○) —— 爲正在開花的植物，(3) : (+) —— 爲結有種子的植物，(4) : (=) —— 爲種子已落下的植物。只要有一般的觀察，就可以估量植物物候學的情況；所得到的材料，應在植株登記表上的特有欄內記錄下來。到研究森林天然更新時，就必需利用這些指標。

當研究森林天然更新時，對地面植物地被物的生理情況，只研究它是『隱固的』還是『不隱固的』已足够應用。但在事實上，森林的天然更新僅作一般的考慮時，並不需要特殊地估量到地面地被物的植物生理情況。

當研究森林更新，火災發生，雨水阻滯及其他問題時，就要先確定地面部分活地被物的總量。爲了確定這一指標，經常是在地面劃出 $15-25$ 個，每一個大小爲 0.25 平方米的小區。在這一些小區範圍內，將所有草本的及苔類的地被物分別地取下來（在特殊情況下將幾種植物放在一塊取下來），在新鮮情況下及在空氣乾燥情況下（經過幾天在空氣中天然乾燥後使有穩定的重量）稱一稱多少公斤。爲了算出草本地被物地上部分的總量，要沿地面用剪子或刀將它一齊割下。至於苔類及地衣地被物則就要用手掘取，並抖去泥土，然後稱量。地被物的地上部分總量以每公頃多少公斤計算。

決定地面活地被物的根部的總量是比較困難的。爲了確定這一項可根據卡琴斯基的整地法（爲簡化的）進行。取下一塊大小爲 0.25 平方米的整個土塊，其深度爲土壤的發生層深度，或

第十六圖：浮地被物：地衣



南科磯躑躅屬 *Ledum*、莎草科羊鬚草屬 *Eriophorum*、石南科酸木果屬 *Oxycoccus palustris*。

云杉經常總生長在肥沃的粘土或砂性土上；與松樹一起生長的植物，也常與云杉一起生長。

但當有愈要求土壤嚴格的植物參加時則發育的愈好：紫草科肺草屬 *Pulmonaria*、莎草科苔屬 *Carex pilosa* Scop、毛茛科驢蹄草屬 *Caltha*、羊齒植物蕨屬 *Pteridium*、酢漿草屬 *Oxalis*。

橡樹為最肥沃森林土壤的居住者，其伴生者有苡葛屬 *Aegopodium*、茜草科車葉草屬 *Asperula*、石竹科繁縷屬 *Stellaria*、珍珠梅屬 *Spiraea*、雄性的羊齒植物 (*Dryopteris filix mas*)、雌性的羊齒植物 (*Athyrium filix femina* Roth)、鳳仙花屬 *Impatiens*、Серебряночечник、*Chrysosplenium alternifolium*、唇形科野芝麻屬 *Lamium*、馬兜鈴科細辛屬 *Asarum europaeum* 等。

但是每一樹種對立地環境要求都很寬，在各種不同的環境下也都可以遇到。因此每一樹種森林的地面活地被物都可以劃分為能反應主要立地條件的幾種類型。在松林中即是在砂地上活地被物，可劃分為以下幾種類型：

雲杉

(3) 土馬騾(第廿圖), 毛利尼, 黑豆樹(По западинкам), 爲潮濕的砂土的代表。
(4) 水蘚(第二十二圖), 磯躑躅屬(第二十一圖) *Chamaejasme*, 黑豆樹, 石南科酸木果屬, 莎草科羊鬚草 *Eriophorum*, *Багровая осока*, 莎草科膏屬(*Carex leporina* L.), 蒿菜屬 *Drosera*——沼澤泥炭土上的指示植物。

(5) *Бартовая и булыжная осока*, 莎草科膏屬 *Carex*, *Carex pilosa*, *Carex vesicaria*, *Carex leporina* L., 禾本科甘蔗屬 *Saccharum*, 鳶尾科 *Iris*, 森林野青茅, *Раскидистые* 燈心草科心草屬 *Juncus*, 黃連花, 櫻草科珍珠菜屬 *Lysimachia*, *Nardus stricta* (瘦土上的), 地榆 *Sanguisorba officinalis* L. (薔薇科), 毛利尼, 薔薇科委陵菜屬 *Potentilla*, 勿忘草 *Myosotis palustris* With——爲潮濕的河岸土的指示植物。

(6) 石竹科繁縷屬 *Scellaria nemorum* L., 寬葉的及狹葉的紫草科肺草屬 *Pulmonaria*, *Betonica*, 馬兜鈴科細辛屬 *Asarum europaeum*, 茜草科車葉草屬 *Asperula*, 苣荬屬, 強壯的蕨屬(第二十三圖), 雄性羊齒植物——爲肥沃的松林土壤的指示植物。

云杉的分布地區有以下各種地被物類型:

(1) 綠苔像 *Гилекомиум*, *Айкранум*, *Плеуроциум*, *Птилим*, *ритидадельфус* 等, 越橘, 烏飯樹, 酢漿草屬(第廿四圖), 薔薇科蛇莓屬, 強壯的羊齒植物——蕨類(超過一公尺), 珍珠梅屬, *Pulmonaria angustifolia* L., *Bemisia*, 牻牛兒苗科牻牛兒苗屬 *Geranium sanguineum* L., 薔薇科懸鉤子屬, 單側葉的鹿蹄草屬 *Pirola*, 禾本科早熟禾屬 *Poa*, 禾本科糠穗屬 *Agrostis*——爲在輕鬆粘土及砂質灰壤土上有云杉林的指示植物。

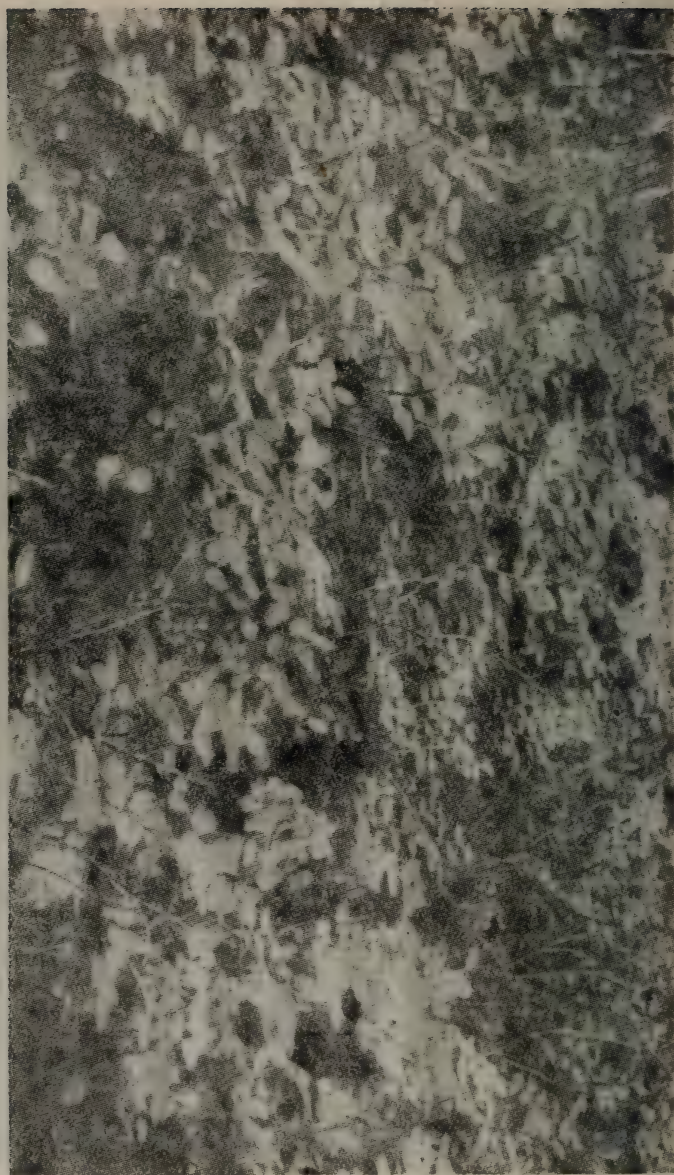
紅

(1) 地衣 (第十六圖) (白苔、鹿苔、地衣)、
山柳菊屬 *Hieracium Pilosella* L., *Antennaria Gaertn.*,
馬齒莧屬 *Василек*, 石竹科石竹屬 *Dianthus-*
arenarius L., 落草屬 *Клевер*, 牧場草屬 *Festuca ovina*
L., 石南科 *Arctostaphylos officialis*, 帚石南屬 *Calluna*
Vulgaris (第十七圖) 的地被物——為乾旱砂土地的
指示植物。

(2) 綠苔 (包括 *Плеврочиум* 等等), 越橘
(第十八圖), 烏飯樹 (第十九圖), 帚石南屬, 石
松屬 *Lycopodium*, 薔薇科委陵菜屬 *Potentilla arenaria*
Borkh., 鹿蹄草屬 *Риола*, *Зонтичник*, 薔薇科蛇莓屬
Fragaria, 薔薇科懸鉤子屬 *Rubus*, 三葉堇菜 *Меламп-урум*
nemorosum, 堅硬的禾本科野青茅屬 *Calamagrostis*,
Сон трава, 牻牛兒苗科牻牛兒苗屬 *Geranium sanguineum*
L. —— 為輕鬆砂土上的指示植物。



第十七圖：地被物：帚石楠屬



第十九圖：地被物：烏飯樹

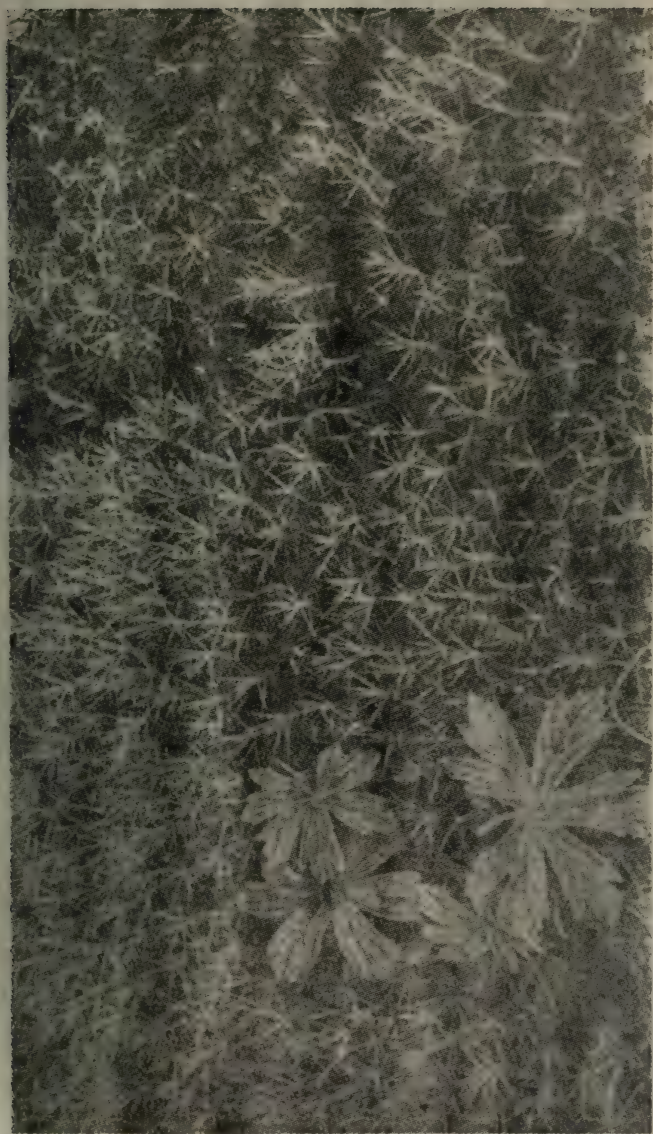
第十八圖：地被物：越橘



第二十一圖：磯躑躅屬的灌木叢



第二十圖：苔類地被物：土馬騾，長壽苔



第二十三圖：地被地：蕨類植物



第二十二圖：沼澤地的苔類水蘚地植物



(2) 土馬騾，毛利尼，森林野青茅，木賊科木賊屬 (*Equisetaceae silvaticum* L.)，毛茛科毛茛屬 *Ranunculus repens* L.，櫻草科珍珠菜屬 *Lysimachia Erysimum Cheiranthoides* (羊齒植物)，雌性羊齒植物，鳳仙花科鳳仙花屬 *Impatiens*——為潮濕的灰壤土上有云杉林的指示植物。

(3) 水蘚，燈心草屬，毛茛科立金花屬 *Caltha Palustris*，*Calla* L.，鳶尾屬，*Быльничатая осока* 菅屬 (莎草科)，*Carex Vesicaria* L.，*C. caespitosa* L.，沼澤地的繖形科前胡屬 *Peucedanum*——為沼澤草泥土上有云杉林指示植物。

(4) 珍珠菜屬，黃色的鳳仙花屬，大戟科汞草屬 *Mercuriales Percnis*，*Utricularia* L.，*Chrysosplenium alter-nifolium* L.，*Scrophularia* L.，*Anemone* L.，毛茛科驢蹄草屬 *Caltha*，鳶尾屬，禾本科米芒屬——為極度潮濕草原地，河灘地上有云杉林的指示植物。

(5) 細辛屬，車葉菜屬，繁縷屬 *Stellaria nemorum* L.，苣荬屬，寬葉的珍珠梅屬，陽性的羊齒植物，薔薇科懸鉤子屬，牻牛兒屬——為最肥沃的粘質土壤上有云杉林的指示植物。

在有橡樹生長的肥沃地區地面活地被物有以下幾種：

(1) 禾本科及菅屬：各種小野青茅，*Melica picta koch*，禾本科牧場草屬 *C. Montana* L.，*Михелева осока*；*Carex pilosa*，*Carex pediformis* L.，禾本科早熟禾屬 *Poa pratensis*，禾本科鴨茅屬 *Dactylis glan-erata* *Brachypodium* P.，以及繁縷屬，毛茛科鐵線連屬 *Clematis*，*фиалка волюцистая*，*黃菜屬 Viola*，菊科蒼屬 *Achillea millefolium* L.——為乾燥土壤上有橡樹的指示植物。

(2) *Понижающая осока*，菅屬，*Михелева*，*Carex montana* L.，委陵菜屬 *Potentilla*，禾本科米茅屬 *Melica*，*Едкая астра*，菊科紫苑屬 *Aster*，毛茛科 *Clematis Vitalba*，繖形科胡蘿蔔屬 *Daucus*，*Ирис Злаколистный*，鳶尾屬，茜草科車軸草，唇形科草石蠟屬 *Stachys*，禾本科牧場

第二十四圖：地被物：乍紫草





第二十五圖：施波夫森林，疏鬆砂土橡林中的地被物：除橡樹幼苗外，顯明的有蕓薹屬，細辛屬，連錢草屬，重葇屬，苔屬。

草屬 *Festuca*——爲鹽碱土的指示植物。

(3) 苜蓿屬，(第廿五圖)，車葉草屬，藥用的珍珠梅屬，野芝麻屬，林邊的唇形科連錢草屬 *Glechoma*，毛茛科獐耳細辛，*Чина Весенняя*，豆科山梨豆屬 *Lathyrus*，百合科黃精屬 *Polygonatum multiflorum* Ал. Вороний глаз，*Sanicula* L.，繁縷屬 (*Scellaria nemorosum* L.)，堇菜屬 *Viola*，苔屬 *Carex digitata* L. *Carex pilosa*， Осоки короткошейковые，蕁麻屬 *Urtica*，雄的雌的羊齒植物——輕鬆的森林粘土上的指示植物。

的或潮濕的土壤上、砂土上、砂質土壤上一直到粘質土上都有，因此就不能是某一種土壤上的指示植物。

烏飯樹爲潮濕砂土上，砂質土壤上及粘土上的植物，但若注意到在各種地區有各種不同的高度，綠色等級及其他特徵時，那麼越橘和烏飯樹也就可以爲優良環境的有效指示植物。

在蘇聯的歐洲部分，若有磯躑躅屬，黑豆樹，酸木果屬，羊鬚草屬這些指示植物時，則完全可以確定是沼澤泥炭地，但在西伯利亞東部若有這些植物時則爲典型的輕鬆土壤。

苡葛屬，車葉草屬，細辛屬等等可爲輕鬆肥沃粘土的明顯的指示植物。柳葉菜科柳蘭 *Epilobium angustifolium*（第二十六圖）則爲火燒跡地上氮素及其他營養物質都非常肥沃的良好指示植物。蕁麻屬，懸鉤子屬 *Rhus* 則爲氮素最豐富地區的指示植物。

了解了森林地面植物的自然性，就容易了解環境條件，因此也就容易了解森林的特性。

(4) 雌的雄的羊齒植物，毛茛屬 (*Ranunculus repens* L.)、鳳仙花屬、柳葉菜科牛龍草屬 *Circaea* L.、蘇科羊齒、*Scrophularia* L.、玄參科 *Chrysosplenium* L.、禾本科牧場草屬 *Festuca*、木賊屬 (*Equisetum arvense* L.)、薔薇科水楊梅屬 *Geum*、唇形科地兒瓜苗屬 *Lycopus*、百合科藜蘆屬 *Veratrum*、懸鉤子屬、蕁麻屬 *Urtica*、繖形科獨活屬 *Angelica Silvestris*、繖形科安絲屬 *Anthriscus Silvestris*、桑科律草屬 *Humulus*、茄屬 *Solanum dulcamara*、多毛的唇形科連錢草屬 *Glechoma*、馬兜鈴科馬兜鈴屬 *Aristolochia clematitis*、景天科石連華屬 *Corydalis*、*Falcaria rivi*——爲潮濕肥沃森林粘土的指示植物。

(5) 菅屬 (*Красная, Барная осока*)、*Carex remota* L.、*C. Vesicaria* L.)、*Chrysosplenium* L.、菊科鬼針草屬 *Bidens cernuus* L.、毛茛科驢蹄草屬 *Caltha*、*Цирцея альпийская*、*Hypnoides* L.、鳶尾屬、禾本科米芒屬 *Deschampsia*、羊齒植物——(*Erysimum Cheiranthoides*)、沼澤地的羊齒植物 *Плавающий Майник*、百合科舞鶴草屬 *Maianthemum*、*Hottonia palustris*、桑科律草屬 *Humulus*、鳳仙花屬 *Impatiens*、沼澤地的鳶尾屬、唇形科薄荷屬 *Mentha Austriaca* J.、紫草科勿忘草屬 *Myosotis Palustris* Wirtz、*Oenanthe aquatica* Lam.、懸鉤子屬、沼澤地的柳葉菜科柳葉菜屬 *Epilobium angustifolium*、蓼科水蓼 *Polygonum hydropiper*、河岸的薔薇科水楊梅屬 *Geum*——爲河灘森林地的指示植物。

根據地面活地被物的類型學說，可以清楚的看出，許多植物只能在一定的環境條件下生長，爲這種環境的優異指示植物，但另外一些植物則可以在各種不同的環境下生長。例如地衣只在乾燥的砂土中生長，但各種綠色苔類就不僅可以在輕鬆的砂地上，也可以在砂質土上甚至於還可以在粘土上生長。

水蘚爲泥炭地沼澤地的指示植物，但越橘則不僅是輕鬆土壤上的主要植物，而且生長在乾燥

活地被物與立木特性間的依存性

活地被物不僅是立地條件的反映，而也是立木特性的反映。地被物不僅是主要樹種的指標，同時也是地位級及鬱閉度的指標。在鬱閉度高的立木內，活地被物幾乎是不存在的，這裏大部分的地面上僅有所謂死地被物，地被植物僅能個別地生存，而且是喜陰植物像綠苔，土馬騾，細辛屬，百合科君影草屬 *Convallaris*，苡苳屬，舞鶴草屬等等。到鬱閉漸漸稀的地區，則中等的耐陰植物像越橘，烏飯樹就漸漸多了。最後，在立木稀疏的地區，則就出現許多喜陽光植物像小野青茅，早熟禾屬，米芒屬等等。

森林中的活地被物，會因採伐程度，風倒木的多少，及火災的等級而發生改變。但在發生上述情況之後，苔類，喜陰草類通常也不能再繼續生活很久，而要為柳葉菜屬，覆盆子及其他喜氮植物所代替。而森林中耐陰植物及喜氮植物，將要很快讓位於禾本科植物特別像野青茅，早熟禾屬，米芒屬，鴨茅屬，米茅屬，鵝冠草屬 (*Пшени и острей*)。由於放牧常常使土地變得堅實，及使由禾本科植物來代替森林的喜陰植物與喜氮植物。

活地被物對土壤及大氣的影響

活地被物對決定某一地區的土壤特性及小氣候有重大的意義，甚至於對森林的更新與發育也有很大的意義。

在乾旱環境下，只有散生的地衣能供給土壤少量死的有機物，所以土壤是貧瘦的酸性的。而綠苔，越橘，烏飯樹則能聚集大量的有機物，當這些有機物分解後，就呈酸性的反應並維持土壤的

第二十六圖：採伐跡地上地被物：柳蘭



按大連勞夫的材料，每小時每平方公尺葉子表面的蒸發量如下：覆盆子爲220克水，野青茅爲225克水，柳蘭爲145克水，菊科蓬屬Erigeron爲86克水。

無疑問的，植物毒——這是一種植物分泌物，對於有害的原生動物，細菌及真菌均有毒害對森林內的大氣也有很大的影響。

活地被物在森林更新及發育中的作用

活地被物在森林生活中可以起好的作用也可以起壞的作用。地被物不僅可以影響土壤與氣候，間接影響到森林，而也可以直接影響到森林。

在森林更新時，木本植物的種子落到地被物上，其發芽生長的幼根常不能達到土壤，就掛在地被物上，終至死去。例如在有很厚的苔類地被物時，有整塊的野青茅草泥塊時，有毛利尼組成的厚層時，有越橘或烏飯樹灌木林時，都常遇到這樣的情形。

小粒種子，若落在地被物的裂隙中，或落在草塊的裂隙中，這些裂隙都是種子發芽很好的環境。因此爲了促進天然更新常常要分塊地剝去地被物，或者作塊狀、帶狀、及犂溝狀進行鬆土。

還有由活地被物的種類及情況就可以大半的決定了幼苗的發育情況。活地被物可以保護幼苗不受日灼，霜害，及乾風侵襲的爲害。當這樣時候地被物也是木本幼苗的可怕敵手，它要奪去幼苗的水分，養分，光線及溫度。進而還有這樣的可能，某些活地被物嫩根部要分泌有毒的分泌物爲害喬木幼苗。在禾本科地被物的表面，常有大量的雪積壓着，使幼嫩的樹苗常受壓而彎曲甚至折斷。

地被物究竟對森林的更新是起好的或壞的作用？首先要看地被物的組成及發育狀況如何而

肥力。而土馬騾及其伴生的毛利尼則可以聚集大量的不易分解的半泥炭性的酸性的有機物質。

水蘚及其伴生物例如苔屬，磯躑躅屬，黑豆樹等等共同造成泥炭灰壤土，此種土壤酸性很重，而生產力非常低。

禾本科及苔屬在流水中可以產生大量的有機物，這種有機物且分解的良好，使土壤變肥。蒔石楠屬 (*Calluna Vulgaris*) 及烏飯樹則因其有形成灰壤土的作用，促使硬盤層得以形成。

許多寬葉草本植物像苡葛屬，車葉草屬，細辛屬，珍珠梅屬等等與橡樹及橡樹伴生樹的葉子共同要決定着爲微酸性的或碱性的肥沃的森林土壤的形成過程。

豆科羽扇豆屬，三葉草 (荷蘭翹搖屬) 及其他的豆科植物可以增加土壤中的氮素。

由活地被物的種類可以大半決定了小氣候。地被物在地地面上可以給幼小植物某種程度的遮陰。有活地被物的地區，就不會有來自陽光的炙熱也沒有霜害。

例如按大連勞夫的觀察，一九三四年七月下午一時在裸露火燒跡地上距地30公分高處溫度爲33.5°C，而在蔓生柳蘭的地區則只有21.1°C。

還有在上述柳蘭的地區，風也要小的多。

在活地被物的表面，太陽幅射的非常強烈，常使幼小的木本植物遭到災害，造成一種非常惡劣的小氣候。

活地被物的表面，在早晨以及在冬季都非常寒冷，這一表層，若有幼小的木本植物，就常常遭到凍死。

活地被物要大量地使上層土壤變成乾燥，但由於地被物有大量的蒸發作用，會使大氣的底層變成濕潤。

真菌的起源地。玄參科山蘿花屬 *Melampyrum*、蘿摩科白微屬 *Vincetoxicum Officinale*、菊科款冬屬 *Tussilaga*、桔梗科山小榮屬 *Campanula*、菊科苦蕒屬 *Sonchus*、及遠科遠志屬 *Polygala Vulgaris* 爲害松樹的真菌的中間寄生。在石竹科蚤綴屬 *Arenaria*、西番蓮科西番蓮屬 *Passiflora* 就生長着爲害冷杉的真菌。

關於這類問題更詳細的材料可以參看 C. И. 瓦林教授的植物病理學。
林學者應該深深了解活地被物的生活及其作用。以便能即時消除及減弱對森林有害的影響，而加強對森林生活有利的影響。

定。在火災及採伐後的第一年，所發生的植物像柳蘭，菊科薊屬 *Cirsium*，蓬屬等等及一些喜陰闊葉植物都特別要遮蔽木本的幼苗，使不致受到日光、風、霜的爲害，因此不是它們的可怕的敵手，而且這些草本植物還可以促進森林的天然更新。但另外一些植物像野青茅，毛利尼，所有禾本科與苔屬以及許多其他種植物中的代表者，只要它們能造成很厚的一層覆蓋物，就會是喬木幼苗的可怕敵人，有了這些植物天然更新也就不可能。因此，在天然的及人工的幼苗間應該進行除草及鬆土。

就是在以後已鬱閉的幼齡林的生活，甚至在及老齡林的生活，中，地被物也有着很大的作用（或者是好的或者是壞的）。

豆科植物像羽扁豆，三葉草等等會增加土壤中的氮素，改善森林發育的環境。羽扁豆屬甚至要專門地和木本植物在一齊栽培，這樣會大量促進它的生長。

我們知道，在蘇聯森林中，大量分布着許多帽狀真菌，常在森林的根部形成一種真菌絲交結物即菌根，這種菌根就可以幫助森林來利用未分解的有機物及執行其他的有利的功能。

地被物的組成及生長情況可以決定森林火災發育的可能性。森林火災在地衣，帶石楠屬地被物，越橘，烏飯樹及毛利尼等上面就容易發生和擴大。而在土馬騾及水蘚，綠色禾本科的地被物，羽扁豆屬，柳蘭，薊屬，烏華烏爾矢上，*Anemone* Gertr. 上火災就根不容易發生。

許多草本植物像禾本科，就常爲爲害森林的動物像鼠屬 *mus* 及野鼠 *Hypudens* 的喜愛的繁殖處所。

在傘狀植物中居住着許多凶狠的或寄生性的昆蟲，這種昆蟲也可以消滅其他對森林有害的昆蟲。某些草本植物爲對森林有害的真菌的中間寄主，譬如鹿蹄草屬，磯躑躅屬就是爲害雲杉的

6116753

68.1031

838

6116753

68.1031

838

2:2

林学概説(二)

苏联斯切洛夫, B. P. 著

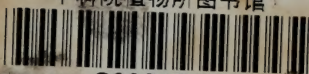
蔡以纯等译

書 号 68.1031/838/2:2

6116753

登記号

中科院植物所图书馆



S0021712

